

# Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina

1:250.000

## Hoja Geológica 3766-IV General Acha



## Provincia de La Pampa

Diego Silva Nieto, Patricia M. Espejo, Carlos J. Chernicoff  
y Eduardo O. Zappettini

Boletín N° 398

Buenos Aires 2016

ISSN 0328-2333



**Programa Nacional de Cartas Geológicas  
de la República Argentina  
1:250.000**

Hoja Geológica 3766-IV

**General Acha**

Provincia de La Pampa

Diego Silva Nieto, Patricia M. Espejo, Carlos J. Chernicoff y Eduardo O. Zappettini

**SEGEMAR**

**SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO  
INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES**

Colectora Av. Gral Paz 5445 - Edificio No. 25 - San Martín - Provincia de Buenos Aires  
República Argentina

**Boletín N° 398**  
Buenos Aires - 2016

## **SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO**

---

Presidente Geól. Julio Ríos Gomez  
Secretario Ejecutivo Lic. Geól. Carlos Guillermo Cuburu

### **INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES**

Director Dr Eduardo O. Zappettini

### **DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA REGIONAL**

Director Lic. José E. Mendía  
Coordinador Dr. Antonio Lizuaín

---

#### **Referencia bibliográfica**

SILVA NIETO, D., P. M. ESPEJO, C. J. CHERNICOFF y  
E. O. ZAPPETTINI, 2016. Hoja Geológica 3766-IV General  
Acha. Provincia de La Pampa. Instituto de Geología y Re-  
cursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino.  
Boletín 398, 62p. Buenos Aires.

ISSN 0328-2333

Es propiedad del SEGEMAR • Prohibida su reproducción

## CONTENIDO

RESUMEN .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	2
Naturaleza del trabajo .....	2
Investigaciones anteriores .....	2
Ubicación y características geográficas .....	3
2. ESTRATIGRAFÍA .....	4
RELACIONES GENERALES .....	4
BASAMENTO PREMESOZOICO EN LA PROVINCIA DE LA PAMPA .....	6
NEOPROTEROZOICO-CÁMBRICO INFERIOR .....	6
Esquistos Santa Helena .....	6
Formación Las Piedras .....	8
CÁMBRICO INFERIOR .....	8
Complejo Igneo El Carancho .....	8
ORDOVÍCICO .....	9
Formación Paso del Bote .....	10
ORDOVÍCICO SUPERIOR-DEVÓNICO .....	13
Formación La Horqueta .....	13
DEVÓNICO .....	14
Formación Curacó .....	14
PÉRMICO .....	15
Formación Arizona .....	15
PERMO-TRIÁSICO .....	16
GRUPO LIHUEL CALEL .....	16
Formación El Centinela .....	17
Formación Zúñiga .....	19
CRETÁCICO .....	21
Basaltos Cretácicos .....	21
CENOZOICO .....	23
NEÓGENO .....	23
MIOCENO SUPERIOR .....	23
Formación Cerro Azul .....	23



PLIOCENO INFERIOR-PLEISTOCENO .....	27
Calcretes con cobertura eólica .....	27
CUATERNARIO .....	32
PLEISTOCENO-Holoceno .....	32
Sedimentos fluviolacustres del río Chadileuvú .....	32
Formación Meaucó .....	33
HOLOCENO .....	36
Depósitos coluviales indiferenciados .....	36
Depósitos aluviales .....	36
Depósitos finos de bajos y lagunas .....	36
ESTRUCTURA .....	36
GEOMORFOLOGÍA .....	40
HISTORIA GEOLÓGICA .....	44
RECURSOS MINERALES .....	45
DEPÓSITOS DE MINERALES METALÍFEROS .....	45
DEPÓSITOS DE MINERALES INDUSTRIALES .....	46
DEPÓSITOS DE ROCAS DE APLICACIÓN .....	47
RECURSOS HÍDRICOS .....	50
SITIOS DE INTERÉS GEOLÓGICO .....	52
BIBLIOGRAFÍA .....	53

## RESUMEN

La Hoja Geológica 3766-IV General Acha se ubica en el centro-sur de la provincia de La Pampa, entre los paralelos de 37°00' y 38°00' de latitud sur y los meridianos de 64°30' y 66°00' de longitud oeste. Incluye parcialmente los departamentos de Utracán, Lihuel Calel y Curacó, cubriendo un área aproximada de 14437,25 km<sup>2</sup>, siendo la ciudad de General Acha el único centro. En el extremo sudoccidental, las sierras de Lihué Calel y Chica constituyen las mayores alturas alcanzando una cota máxima de 600m, mientras que el resto de la Hoja General Acha presenta el aspecto de una planicie ondulada y de suave gradiente hacia el este. En el sector oriental hay depresiones de dirección aproximada SSO-NNE, conocidos como valles transversales. El río Chadileuvú, denominado Salado en este tramo de su recorrido y que cruza el ángulo sudoeste de la Hoja, representa el único curso de agua permanente.

La mayor parte de la superficie cubierta por la Hoja General Acha está conformada por afloramientos de sedimentos neógenos y cuaternarios, entre los cuales asoman saltuariamente elementos que conforman el basamento ígneo-metamórfico de La Pampa, que constituyen las rocas más antiguas de la comarca que incluye rocas de edades pampeanas y famatinianas. Es por ello que mediante la aplicación de métodos geofísicos y a partir del estudio de los limitados afloramientos existentes se pudieron delimitar en forma precisa que el subsuelo del área cubierta por la Hoja General Acha comprende las porciones meridionales de los terrenos Cuyania y Pampia, amalgamados al margen occidental de Gondwana durante el Paleozoico, y el Cratón del Río de la Plata.

El terreno Pampia comprende metasedimentitas neoproterozoicas y cambro-ordovícicas, aflorantes y subaflorantes, que constituyen la caja del sistema arco-retroarco famatiniano en la provincia de La Pampa, allí se han diferenciado los Esquistos Santa Helena que comprenden metasedimentitas

neoproterozoicas y la Formación Las Piedras que corresponden a metasedimentitas cámbricas. El magmatismo cámbrico está representado por el Complejo Ígneo El Carancho que constituye los afloramientos más australes del arco desarrollado en el margen activo de Pampia.

Del lado oriental de la sutura Cuyania-Pampia (sector SO de la Hoja) ha sido reconocida una faja submeridiana de rocas metaígneas ordovícicas, cuyas características geoquímicas, edad y petrología de sus protolitos ígneos permitieron interpretarlas como el segmento austral del arco magmático famatiniano, siendo formalmente designadas como Formación Paso del Bote.

Unas pocas decenas de kilómetros hacia el este del arco famatiniano, también yaciendo en el terreno Pampia, ha sido identificada una faja submeridiana de metagabros ordovícicos metamorfizados en facies anfibolita y esquistos verdes, designadas Formación Valle Daza e interpretadas como parte del retroarco magmático famatiniano, de incipiente desarrollo en esta región. El desarrollo del Orógeno Famatiniano a lo largo de la sutura Cuyania-Pampia, dio lugar en la región centro austral argentina, al depósito de sedimentos de antepaís de edad ordovícica superior-devónica inferior representados por la Formación La Horqueta.

Con la acreción de Chilenia al margen occidental de Gondwana con los movimientos chánicos se asocia un magmatismo de tipo postorogénico representado por granitoides que constituyen la Formación Curacó, estos movimientos asimismo reactivaron fallas preexistentes y condujeron a la formación de depocentros más o menos aislados, de los cuales el principal en la región de estudio es el identificado como depocentro Arizona el que es ocupado por la formación homónima, y sería parte de la cuenca de Paganzo.

## 1. INTRODUCCION

### NATURALEZA DEL TRABAJO

La memoria y mapa de la presente hoja geológica han sido confeccionados de acuerdo a las normas del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) para el Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina.

El estudio se llevó a cabo en varias etapas que incluyeron la recopilación de antecedentes como instancia inicial, posteriormente se llevaron a cabo tres comisiones de campo en las que se usó como base la carta topográfica a escala 1:250000 IGN 3766-IV, e imágenes satelitales LANDSAT-5 TM a escala 1:100.000, que fueron previamente interpretadas y confrontadas en el terreno, cuyo recorrido se hizo en vehículo aprovechando las numerosas huellas existentes.

### INVESTIGACIONES ANTERIORES

Muchas fueron las investigaciones de índole geológica, tanto expeditivas como de detalle efectuadas en la comarca y regiones vecinas que contribuyeron a su conocimiento. Las principales se detallan a continuación:

Las primeras investigaciones registradas en la zona de estudio fueron hechas por Ambrosetti (1893) quien recorrió varias localidades de la denominada "Pampa Central", entre ellas General Acha y Lihué Calel.

Posteriormente Stappenbeck (1913, 1926) hizo un importante aporte al conocimiento de la zona con el estudio hidrogeológico de gran parte del área cubierta por la Hoja, que incluye a los valles pampeanos de Daza, Utracán y Quehué y sus altiplanicies circundantes, señalando asimismo la presencia de un eje de rocas antiguas, en su mayor parte subterráneas, como continuidad meridional de las Sierras de Córdoba.

Tapia (1931, 1937, 1940) trató extensamente la geología del norte de la provincia de La Pampa, con énfasis en lo referido a las llanuras de la Pampa central,

su estructura, estratigrafía y aptitud hidrogeológica.

Sobral (1942) llevó a cabo un completo estudio regional del territorio de La Pampa citando para el paraje El Carancho, un afloramiento de basamento compuesto por gneises sobrepuesto por conglomerados calcáreos y atravesado por filones de pegmatitas.

Groeber (1949) trató el origen y edad de los niveles de piedemonte y los calcretes de La Pampa y Patagonia, a los que consideró producto de la glaciación cuaternaria cuyo frente septentrional habría afectado los valles pampeanos. Groeber (1952) destacó la importancia del englazamiento pedemontano en el norte de la Patagonia septentrional durante el Pleistoceno, indicando que una gran glaciación habría afectado a todos los valles de La Pampa.

Importantes estudios hidrogeológicos fueron hechos por Cannelle (1950) en el valle de los ríos Atuel - Salado - Chadileuvú, poniendo especial énfasis en las unidades más modernas.

Vilela y Riggi (1953-1956) efectuaron el levantamiento geológico regional de la Hoja 33 h, Sierra de Lihué Calel, a escala 1:200.000.

Fueron Llambías (1972) y Llambías y Leverato (1975) quienes hicieron notables aportes al conocimiento de las ignimbritas de Lihué Calel y sectores aledaños, ampliados más tarde por Sruoga y Llambías (1992).

Una completa descripción geológica de la provincia de La Pampa, que incluye una geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas hicieron Linares *et al.* (1980), basados en el trabajo previo de Llambías (1975) sobre la geología de la provincia.

Posteriormente Llambías *et al.* (1996) describieron las características geológicas del Bloque de Chadileuvú, en parte cubierto por esta Hoja.

Relevantes estudios y determinaciones paleontológicas que permitieron acotar la edad de las unidades neógenas presentes en el área, fueron llevadas a cabo principalmente por

Montalvo y Casadio (1988), Montalvo *et al.* (1995, 1996, 1998), Montalvo y Szelagowski (1999) y Cione *et al.* (2000).

Relevamientos gravimétricos y magnetométricos hechos por Kostadinoff *et al.* (2001, 2004, 2006), de Elorriaga (2009) y de Elorriaga *et al.*, (2013) permitieron precisar la estructura del basamento de la provincia de La Pampa permitiendo definir nuevas cuencas, entre ellas el rift de Quehué, a su vez Chernicoff y Zapettini (2003a, 2003b, 2004 y 2005), Chernicoff *et al.* (2005), Zappettini *et al.* (2005), Chernicoff *et al.* (2007) interpretaron mediante mapas magnetométricos la geología del subsuelo de La Pampa lo que permitió ampliar sustancialmente su conocimiento.

Un detallado estudio sedimentológico de los depósitos

miocénicos de la provincia de La Pampa fue llevado a cabo por Visconti (2006-2007) y recientemente Folguera Telichevsky (2011) realizó un importante aporte al conocimiento del registro neógeno de la Pampa central y su evolución en relación a la tectónica andina.

## UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

La Hoja Geológica 3766-IV General Acha se ubica en el centro-sur de la provincia de La Pampa, entre los paralelos de 37°00' y 38°00' de latitud sur y los meridianos de 64°30' y 66°00' de longitud oeste (Figura 1). Incluye parcialmente los departamentos de Utracán, Lihuel Calel y Curacó, cubriendo un área aproximada de 14437,25 km<sup>2</sup>.

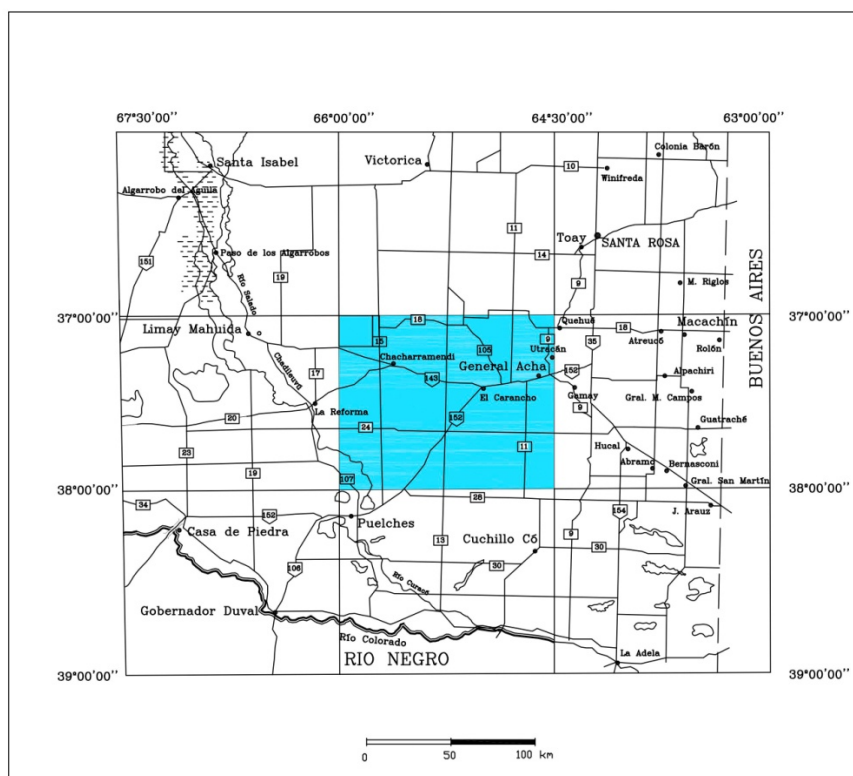


Figura 1. Mapa de ubicación

En el extremo sudoccidental, las sierras de Lihuel Calel y Chica constituyen las mayores alturas alcanzando una cota máxima de 600m, mientras que el resto de la Hoja General Acha presenta el aspecto de una planicie ondulada y de suave gradiente hacia el este en la que surgen, como cerros testigos, asomos rocosos

aislados y de poca altura. En el sector oriental, se abren en forma de abanico depresiones de dirección aproximada SSO-NNE, conocidos como valles transversales.

El río Chadileuvú, denominado Salado en este tramo de su recorrido y que cruza el ángulo sudoeste de la Hoja, representa el único curso de agua



permanente. En tanto, en el resto de la zona no existe una red de drenaje moderna definida, sino que el agua de las lluvias, generalmente torrenciales, se descarga por los cañadones o cárcavas hacia los valles y depresiones en cuyo interior constituyen lagunas, permanentes o temporarias.

La Hoja General Acha se ubica íntegramente en una región semiárida, caracterizada porque en ella las posibilidades climáticas desde el punto de vista hídrico, permiten solamente realizar una explotación racional del campo natural y efectuar siembras de forrajeras resistentes a la sequía o adaptadas a estas zonas, sin mayores pretensiones de llevar a cabo una agricultura de cosecha.

Los tipos fisonómicos de vegetación que dominan la región son pastizal, bosque y arbustal. Dentro del pastizal se distinguen dos subtipos: el pastizal de gramíneas intermedias sammófilo y el pastizal de gramíneas bajas con arbustos aislados. El primero, dominante en una amplia zona de suelos arenosos, está presente en los valles transversales de dirección SO-NE (Daza, Chillén-Chapalcó, Quehué, Utracán y Acha). El pastizal de gramíneas bajas (*Stipa tenuis* y *Piptochaetium napostaense*) con arbustos aislados constituye uno de los tipos fisonómicos de vegetación más característicos de las planicies de La Pampa. En la porción oriental de las planicies que se extienden entre los valles transversales, los cultivos de cereales y de forrajeras han reemplazado casi totalmente la vegetación natural y se han introducido algunas malezas y especies bajas rizomatosas. El bosque abierto caducifolio prefiere los bajos o depresiones, con suelos fácilmente disgregables, con árboles dominantes como caldén (*Prosopis caldenia*), algarrobo (*Prosopis flexuosa*), chañar (*Geoffroea decorticans*), molle negro (*Schinus fasciculatus*) y sombra de toro (*Jodina rhombifolia*). El tipo del arbustal incluye el arbustal abierto perennifolio y el arbustal de arbustos y matorrales halófilos. El primero cubre toda el área de planicies disectadas por los sucesivos cambios de

curso del río Salado, con *Larrea divaricata* (jarilla) como especie característica. Por su parte, los arbustales y matorrales halófilos están integrados por diferentes comunidades sobre suelos con distinto contenido de sales, con zampa (*Atriplex lampa*) y matorro (*Cyclolepis genistoides*).

En cuanto a la fauna presente en la Hoja General Acha, abundan mamíferos como ciervo colorado, liebre europea, jabalí, guanaco, mara, puma, gato montés, hurón, zorrino chico, zorro gris pampeano, peludo, piche de planicie, ratón colilargo y laucha sedosa. Entre las aves se observan ñandú, martineta, bandurria boreal, flamenco austral, cisne cuello negro, pato maicero, jote cabeza colorada, jote cabeza negra, águila mora, carancho, chimango, halconcito, tero común, torcaza, loro barranquero, lechuza de campanario, hornero, tordo y gorrión. En tanto, entre los reptiles se distinguen lagarto verde, falsa coral de anillos y yarará ñata, además de anfibios como sapo común.

## 2. ESTRATIGRAFÍA RELACIONES GENERALES

### Generalidades

La mayor parte de la superficie cubierta por la Hoja General Acha está conformada por afloramientos de sedimentos neógenos y cuaternarios, entre los cuales asoman saltuariamente elementos que conforman el basamento ígneo-metamórfico de La Pampa, que constituyen las rocas más antiguas de la comarca que incluye rocas de edades pampeanas y famatinianas. Es por ello que mediante la aplicación de métodos geofísicos y a partir del estudio de los limitados afloramientos existentes (Chernicoff y Zappettini, 2003a, 2003b; 2004) pudieron delimitar en forma precisa que el subsuelo del área cubierta por la Hoja General Acha comprende las porciones meridionales de los terrenos Cuyania y Pampia, amalgamados al margen occidental de Gondwana durante el Paleozoico, y el Cratón del Río de la Plata (Fig. 2).

De acuerdo a las diferencias litológicas, genéticas, estructurales y geocronológicas existentes entre las metamorfitas que asoman saltuariamente en el sector sudoriental de La Pampa, y aquéllas que lo hacen en el sector central de esta provincia, Chernicoff y Zappettini (2003a) sugirieron que el Cratón del Río de la Plata ocupa el subsuelo del sector sudoriental y central de la provincia de la Pampa.

El terreno Pampia comprende metasedimentitas neoproterozoicas y cambro-ordovícicas, aflorantes y subaflorantes, que constituyen la caja del sistema arco-retroarco famatiniano en la provincia de La Pampa, allí se han diferenciado los Esquistos Santa Helena que comprenden metasedimentitas neoproterozoicas con una edad máxima de depositación de 556 Ma y mínima de 461Ma (Zappettini *et al.*, 2008, 2010) y la Formación Las Piedras que corresponden a metasedimentitas cámbricas, con edades máximas de depositación de 500 Ma a  $558 \pm 8$  Ma (Chernicoff *et al.* 2010). El magmatismo cámbrico (Tickyj *et al.*, 1999) está representado por el Complejo Ígneo El Carancho que constituye los afloramientos más australes del arco desarrollado en el margen activo de Pampia, entre los 530 y 520 Ma.

Del lado oriental de la sutura Cuyania-Pampia (sector SO de la Hoja) ha sido reconocida una faja submeridiana de rocas metaígneas ordovícicas (ca 476 Ma; metacuarzodioritas, metatonalitas, metagranodioritas y metagabros), cuyas características geoquímicas, edad y petrología de sus protolitos ígneos

permitieron interpretarlas como el segmento austral del arco magmático famatiniano (Villar *et al.*, 2005; Chernicoff *et al.*, 2008d, 2009a), siendo formalmente designadas como Formación Paso del Bote.

Unas pocas decenas de kilómetros hacia el este del arco famatiniano, también yaciendo en el terreno Pampia, ha sido identificada una faja submeridiana de metagabros ordovícicos (edad ca. 450 Ma) metamorfizados en facies anfibolita y esquistos verdes, designadas Formación Valle Daza e interpretadas como parte del retroarco magmático famatiniano, de incipiente desarrollo en esta región (Chernicoff *et al.*, 2005, 2008e, 2009b; Zappettini *et al.*, 2005). El desarrollo del Orógeno Famatiniano a lo largo de la sutura Cuyania-Pampia, dio lugar en la región centro austral argentina, al depósito de sedimentos de antepaís de edad ordovícica superior-devónica inferior representados por la Formación La Horqueta (Chernicoff *et al.*, 2008f).

Con la acreción de Chilenia al margen occidental de Gondwana con los movimientos chánicos se asocia un magmatismo de tipo postorogénico representado por granitoides que constituyen la Formación Curacó, estos movimientos asimismo reactivaron fallas preexistentes y condujeron a la formación de depocentros más o menos aislados, de los cuales el principal en la región de estudio es el identificado como depocentro Arizona el que es ocupado por la formación homónima, y sería parte de la cuenca de Paganzo, solo hay evidencias por el hallazgo de un regolito en la zona de Valle Daza.

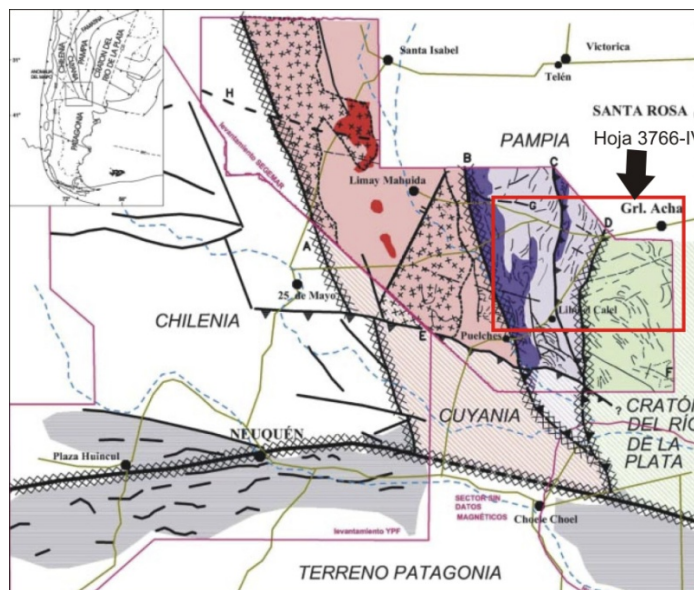


Figura 2: Mapa del subsuelo de la región central de Argentina en base a datos aeromagnéticos de alta densidad (Chernicoff y Zappettini, 2003)

El ciclomagmático Pérmico-Triásico está representado por el Grupo Lihué Calel, que incluye sus tres términos litológicos: Formación Choique Mahuida (riolitas, riolodacitas e ignimbritas), Formación El Centinela (andesitas y brechas andesíticas) y Formación Zúñiga (Leucogranitos). Su mayor expresión se da al SO de la Hoja en las sierras de Lihué Calel, Chica y Chata y saltuariamente en el sector occidental de la Hoja.

Se ha reconocido un pequeño afloramiento de basalto subcalcalino al sudeste de la Hoja, el que posiblemente tenga relación con la apertura del rift de Quehué de edad cretácica, sistema extensional que estuvo estrechamente ligado a la apertura del océano Atlántico Sur.

El Neógeno está representado por la Formación Cerro Azul compuesta por limos, limos-arenosos y arenas muy finas limosas, de color castaño rojizo, muy homogéneas. Es común la presencia de nódulos carbonáticos y niveles con evidencias de paleosuelos. Estas sedimentitas tienen amplia distribución principalmente al oriente de la Hoja y son portadora una profusa fauna de vertebrados fósiles que permitió asignarles una edad Mioceno tardío. Sobre estas sedimentitas y en discordancia se han

desarrollado dos niveles de calcrete cuyas edades máximas de formación serían mioceno tardío y plioceno superior respectivamente.

Por último, depósitos sedimentarios pleistocenos y holocenos de distinto origen se disponen sobre las unidades más antiguas, como sedimentos fluvioacustres, depósitos de cobertura de pedimentos, espesos bancos de arenas y limos de origen eólico que cubren la mayor parte de la superficie de la Hoja, y sedimentos aluviales, coluviales y salinos.

#### BASAMENTO PREMESOZOICO EN LA PROVINCIA DE LA PAMPA NEOPROTEROZOICO-CAMBRICO INFERIOR

##### Esquistos Santa Helena (1) Esquistos biotítico-granatíferos

Linares *et al.* (1980) estudiaron esquistos provenientes del centro del salitral que se encuentra unos 3 km al sur del casco de la estancia Malal C6, ubicada unos 10 km al SE de Valle Daza. Se trata de un afloramiento de reducidas dimensiones compuesto por esquistos cuarzo-micáceos, algo migmatíticos y gneissoides, con esquistosidad de rumbo N-S. Unos 8 km al norte de la intersección de la ruta 24 y la 152 se encontraron fragmentos de

esquistos y gneisses inyectados, migmatíticos.

Esta unidad comprende metamorfitas de color gris oscuro de textura porfiroblástica y matriz de grano medio, muestran esquistosidad, con formación de lajas de entre 5 y 10 cm de espesor. Localmente se observan bandas claras integradas por minerales félsicos.

El estudio microscópico reveló que predominan los esquistos biotítico-granatíferos, en los que el granate se presenta como porfiroblastos de hasta 1 cm de diámetro, de color rojo en una matriz constituida por cuarzo, biotita, plagioclasa y feldespato potásico. Se observan circón y apatita como minerales accesorios. El cuarzo se presenta en xenoblastos con inclusiones fluidas, constituyendo localmente agregados poligonales. La biotita es idioblástica a subidioblástica, presenta color castaño rojizo y localmente muestra desarrollo de kink-bands; son raras las inclusiones de circón, con halos metamórficos y exsolución de opacos. La plagioclasa es una andesina cálcica que constituye idioblastos con maclado polisintético, comúnmente deformado, con muy escasa alteración argílica. La ortosa constituye xenoblastos que tienden a concentrarse en bandas leucocráticas, en asociación con cuarzo y sillimanita. El granate constituye porfiroblastos que en parte son poikiloblásticos con inclusiones de cuarzo y plagioclasa que se localizan sugiriendo una zonación del granate. La sillimanita se presenta con textura fibrosa (fibrolita) asociada al feldespato potásico y al granate. En parte está formada a expensas de biotita. Las bandas de sillimanita son muy delgadas, de menos de 1 mm de espesor, y los cristales individuales tienen diámetros inferiores a 0,1 milímetro. Son frecuentes los granos detríticos de circón de formas redondeadas. Hay escasos cristales idiomórficos de apatita, la que localmente se observa en venillas tardías, con un distintivo pleocroísmo en los cristales mayores, de distribución irregular, del morado al azul.

Se han observado lentes gneisoides constituidas por una asociación similar a la anterior pero sin biotita, que presentan textura granoblástica inequigranular y son interpretadas como segregaciones de leucosoma. En esta variedad la sillimanita está mucho más desarrollada y ha cristalizado luego de la segregación del leucosoma; es común su asociación con fluorapatita, lo que indica una alta actividad de flúor. El granate alcanza hasta 7 mm de diámetro y muestra evidencias de rotación, observable en las inclusiones de cristales aciculares de sillimanita. La ortosa está asimismo más desarrollada que en la variedad biotítico-granatífera y constituye porfiroblastos milimétricos a centimétricos. Hay escasa plagioclasa mirmequítica originada por reacción sinantética de plagioclasas con feldespato potásico de neoformación (Fig.3 A). En zonas de microcizallas se observan localmente cristales aciculares de sillimanita en parte transformados a material illítico y, más raramente, cloritas (fig. B).

La deformación que afecta a estas rocas dio origen a una foliación ya identificada por Tickyj (1999) quien indicó un plano de N16°O/78°E, junto a una lineación mineral con valor promedio de N1°O/40°N. Las biotitas muestran rotación de cristales y desarrollo de kink-bands. Se observa una foliación secundaria superpuesta a la anterior e indicada por una lineación de biotita e ilmenita formando un ángulo de 30° respecto de la anterior (Fig. 3B) y también desarrollo de estructuras sigmoidales (Fig. 3C).

Las asociaciones minerales observadas son cuarzo-plagioclasa-biotita-granate-feldespato potásico, cuarzo-biotita-granate-feldespato potásico-sillimanita y cuarzo-feldespato potásico-granate-sillimanita.

El crecimiento de sillimanita a expensas de la biotita es interpretada como indicadora de la descomposición de la estauroлита en el campo de estabilidad de la sillimanita (Barboza y Bergantz, 2000), lo que sugiere que los esquistos habrían alcanzado las condiciones de facies de anfíbolita alta y localmente las de



granulita. La ausencia de cianita sugiere en las diversas muestras estudiadas un metamorfismo de baja presión y alta temperatura propio de la serie tipo Buchan.

Las asociaciones tardías relacionadas a micro-cizallas indican un metamorfismo de retrogrado en condiciones de P-T inferiores a 600° C y 4 kb, en facies de anfibolita. En ellas se observa una asociación de sillimanita ± cuarzo formado por disolución incongruente de feldespato potásico.

En Valle Daza, a una profundidad de 502,6 m se identificaron mediante perforaciones calizas y dolomías metamórficas, que se adscriben a esta unidad.

#### Ambiente de formación

Los Esquistos Santa Helena se interpretan como pertenecientes a una secuencia supracortical depositada entre los 556 y 530-520 Ma en el borde oriental de Pampia, en una cuenca de antepaís equivalente a la etapa tardía de la cuenca Puncoviscana (Zappettini *et al.*, 2010).

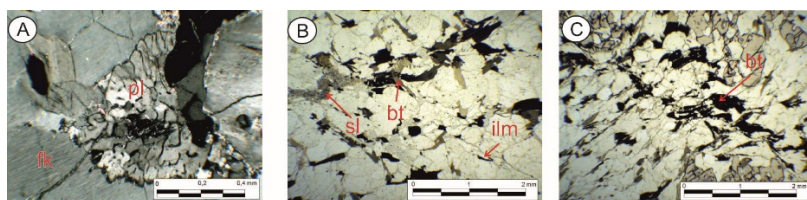


Figura 3

#### Edad

Los análisis U-Pb SHRIMP sobre 38 circones detríticos indican que la edad del circón detrítico más joven de los Esquistos Santa Helena es 556 Ma, lo cual corresponde a la edad máxima de depositación, indicando que la sedimentación pudo haberse iniciado hacia el final del Neoproterozoico.

En el área de Valle Daza Tickyj (1999) obtuvo una edad Ar/Ar 461±2 Ma en biotita que interpretó como una edad mínima de metamorfismo.

#### Formación Las Piedras (2)

##### Metasedimentitas de bajo grado

En superficie la región asignable al Cratón del Río de la Plata comprende afloramientos de metasedimentitas de bajo grado, localizados al sur en la vecina Hoja Puelches, en los alrededores de Cuchillo Có. En la Hoja que se describe, los afloramientos de esta unidad se reducen a pequeños asomos en la Estancia la Magdalena. Sin embargo se la reconoce indirectamente a través jagüeles y molinos como subaflorantes en el sector SE de la Hoja.

Tickyj *et al.* (1999) habían agrupado estos afloramientos con las

metamorfitas del sector central de La Pampa, en el Complejo Las Piedras. Chernicoff y Zappettini (2003a) propusieron restringir el Complejo Las Piedras a los afloramientos de los metasedimentos de bajo grado de la región de Cuchillo Có, por lo que se utiliza el término Formación La Piedras, reservando los términos Formación Paso del Bote y Formación Valle Daza para unidades del basamento del sector occidental de la Hoja. Comprende areniscas, pelitas e intercalaciones locales de calizas.

En el borde sureste de la Hoja se presentan escasos afloramientos de la Formación Las Piedras, que también ha sido identificada en perforaciones en la misma área. Corresponden a metasedimentitas de muy bajo a bajo grado metamórfico, formadas por capas alternantes milimétricas a centimétricas de composición samítica y pelítica, con una foliación definida por escasas folias micáceas.

Las mismas están compuestas por cuarzo, biotita, muscovita, cloritas, plagioclasa, feldespato potásico, opacos, apatita y circón. En sectores hay abundantes micas, que determinan un clivaje que corta la estratificación. El

cuarzo se presenta como granos poligonales, con borde de grano recto a ondulado. La biotita es subidiomorfa, de grano fino y está bien orientada. Se encuentra asociada a muscovita o dispersa en los agregados de cuarzo. En parte está alterada a clorita. La muscovita es también subidiomorfa. Hay escasa plagioclasa y feldespato asociados a cuarzo. El metamorfismo es de facies de esquistos verdes grado biotita.

#### Ambiente de formación

Se interpreta que la Formación Las Piedras se desarrolló en el margen pasivo del Cratón del Río de la Plata constituyendo una secuencia de plataforma, metamorfizada durante la orogenia Pampeana.

#### Edad

Tickyj *et al.* (1999) obtuvieron una edad de metamorfismo Ar/Ar  $523 \pm 3$  Ma sobre esquistos asignables a esta unidad, aflorantes en la Estancia Antimán, fuera del ámbito de la Hoja General Acha.

El análisis de las edades de los circones detríticos indica una edad máxima de depositación de  $555 \pm 8$  Ma, con predominio de circones ediacarianos y cantidades subordinadas de circones paleo-proterozoicos y neo-arqueanos (Chernicoff *et al.*, 2010)

#### CÁMBRICO INFERIOR

##### Complejo Ígneo El Carancho (3)

Anfibolitas, metadioritas, metapiroxenitas ortogneises, pegmatitas.

En las cercanías de El Carancho, ubicado 48 km al oeste de General Acha, y en el borde de la laguna Trarú Lauquén situada a unos 200 m al sur del almacén del paraje citado (en el camino de General Acha a Chacharramendi), afloran anfibolitas en dos sectores distantes 600 metros entre sí; en inmediaciones de la ruta nacional 152 se observan relictos de metadioritas y metapiroxenitas.

Asimismo, se asigna a esta unidad a ortogneises y anfibolitas identificadas a profundidades someras hacia el este de la

Ea. El Carancho, en el sector central de la Hoja, en el ámbito del Cratón del Río de la Plata, i.e. en el valle de Utracán (ortogneises entre -18 y -70 m), en el kilómetro 62,7 de la ruta de General Acha a Puelches (ortogneises entre -6 y -20 m), y cerca del kilómetro 33,8 de la ruta General Acha-El Carancho (ortogneises de grano fino a grueso, a menos de 2 metros de profundidad).

Finalmente, se adscriben a esta unidad pegmatitas con textura gráfica con grandes cristales de cuarzo, feldespato potásico y turmalina que afloran sobre la ruta nacional 152, en las cercanías de la Ea. El Huguito y de la Ea. Los Tajamares.

Las principales litologías aflorantes del Complejo Igneo El Carancho son metadioritas y metapiroxenitas. Las metadioritas presentan una textura granosa gruesa y comprenden hornblenda, plagioclasa, titanita y cuarzo. Como minerales accesorios hay allanita, circón, apatita y turmalina. La hornblenda se formó a expensas de piroxeno y muestra una textura poikilitica, englobando cristales de plagioclasa. Esta última corresponde a andesina cálcica con maclado polisintético infrecuente. La allanita y el circón tienen halos metamórficos, siendo este último de origen metamórfico.

Las metapiroxenitas también presentan textura granosa gruesa y comprenden diópsido, clinozoisita y titanita. La clinozoisita se formó a expensas del diópsido. La titanita es magmática.

El conjunto alcanzó un metamorfismo de grado anfibolita, representado por la asociación hornblenda (diópsido-plagioclasa), con desarrollo de texturas granoblásticas y foliación. Hay evidencias de deformación dúctil en facies de esquistos verdes, con neoformación de clinozoisita y luego, en condiciones frágiles de desarrollo de microfracturas rellenas por cuarzo y calcita.

#### Edad

Las pegmatitas del kilómetro 88,5 de la ruta nacional 152 (Los Tajamares) fueron datadas (K/Ar) en  $520 \pm 15$  Ma lo que las ubica en el Paleozoico inferior

(Cámbrico medio-superior) (Linares *et al.* 1980).

Las metadioritas tienen una edad de metamorfismo U-Pb SHRIMP en circones de  $520 \pm 1,4$  Ma, y las metapiroxenitas una edad U-Pb SHRIMP obtenida en titanitas magmáticas de  $528,2 \pm 5$  Ma (Chernicoff *et al.*, 2012).

#### Contexto geotectónico de emplazamiento

Este Complejo se presenta en exiguas exposiciones ubicadas en la proximidad de una megaestructura identificada a partir de datos aeromagnéticos, que se interpreta como el límite entre el Cratón del Río de la Plata y el terreno Pampia, P/CRP, (Chernicoff y Zappettini, 2004), (Chernicoff *et al.*, 2009a).

Las metadioritas tienen signatura química de arco y se interpretan como relictos de un arco de edad cámbrica inferior, en tanto que las metapiroxenitas, con signatura química MORB, corresponderían a corteza oceánica de ca.  $528,2 \pm 5$  Ma, subductada o alternativamente generada por extensión incipiente en el retroarco, obductada durante la colisión pampeana, aquí datada en  $520 \pm 1,4$  Ma. Las determinaciones isotópicas de Hf en los circones metamórficos cámbricos de la metadiorita, muestran valores epsilon positivos y edades modelo que indican una componente juvenil dominante mesoproterozoica. Estos resultados sugieren la existencia de rocas magmáticas posiblemente pertenecientes a un arco mesoproterozoico juvenil subyacentes en la región.

Se propone un modelo geotectónico caracterizado por una sutura P/CRP con polaridad oeste, en el que las rocas de arco se habrían desarrollado en el terreno Pampia (upper plate). Asociados con este segmento de la sutura, se encontrarían imbricados septos del arco y corteza oceánica obductada, consituyendo el conjunto el CIEC (Chernicoff *et al.*, 2009a).

#### ORDOVÍCICO

Se distinguen dos unidades metaígneas: Formaciones Paso del Bote y Valle Daza, representantes, respectivamente del arco y retroarco famatinianos.

#### Formación Paso del Bote (4)

Metacuarzo-diorita, metatonalita, metagranodiorita y metagabro.

Las rocas asignadas a esta unidad en la provincia de La Pampa, presentan exposiciones limitadas a pequeños afloramientos en Paso del Bote y zona aledaña en la vecina Hoja Puelches, pero su completa extensión se infiere a partir de datos geofísicos (véase p.e. Fig. 10 en Chernicoff *et al.*, 2008a y Fig. 2 en Chernicoff *et al.*, 2009b). En la Hoja General Acha, se presenta subaflorante en el sector sudoccidental. Rocas pertenecientes a esta unidad fueron inicialmente incorporadas al "Complejo La Piedras" de Tickj *et al.* (1999). Su discriminación de otras rocas del basamento fue propuesta por Villar *et al.* (2005) y Chernicoff *et al.* (2008a, 2008b, 2009b, 2009c).

Las rocas metaígneas de la Formación Paso del Bote definen una conspicua anomalía aeromagnética y gravimétrica de alta intensidad y orientación NNO (Chernicoff *et al.*, 2008a, 2008b) cuya localización coincide con la zona de sutura entre los terrenos Pampia y Cuyania propuesta por Ramos y Vujovich (1999), ubicándose en el lado oriental ("upper plate" / Pampia) de la misma. Esta anomalía, y las rocas que la originan, termina abruptamente en el margen septentrional del terreno Patagonia (Chernicoff y Zappettini, 2003b; 2004).

Los tipos rocosos de la Formación Paso del Bote son metacuarzo-diorita, metatonalita, metagranodiorita y metagabro. El protolito magmático de la metacuarzo-diorita, tipo litológico principal, fue primeramente afectado por metamorfismo regional en facies anfibolita representada por la asociación hornblenda-plagioclasa-biotita. Seguidamente, tuvo lugar deformación dúctil (milonitización concentrada en fajas angostas de

orientación norte-sur) en facies de esquistos verdes, con la neoformación de clorita, albita, epidoto, tremolita y titanita. Finalmente, bajo condiciones de deformación frágil, tuvo lugar un microfracturamiento y alteración hidrotermal.

#### Contexto geotectónico de emplazamiento

Los análisis químicos han permitido identificar una tendencia calco-alcalina para el conjunto rocoso, indicativa de arco magmático. Los diagramas de tierras raras normalizados a condrito muestran un enriquecimiento en tierras raras livianas, lo cual refleja la presencia de contaminación cortical típica de este tipo de rocas. La presencia de una anomalía negativa de Eu es consistente con un proceso de fraccionamiento magmático en la fuente. El diagrama de elementos incompatibles es también consistente con su adscripción a un arco magmático continental. La presencia de anomalías negativas de Sr se interpreta como asociada al fraccionamiento de plagioclasa. Los diagramas de discriminación tectónica indican un arco magmático pre-colisional.

#### Edad

La datación por el método U-Pb SHRIMP en circones de las metacuarcodioritas ha dado como resultado una edad de cristalización de  $475,7 \pm 2,3$  Ma (Chernicoff *et al.*, 2008d 2009c); no se detectó la presencia de núcleos más antiguos en los circones, lo que indica su formación en un arco juvenil. Asimismo, en estas rocas, el metamorfismo regional no fue suficiente para recrystalizar el circón. Por otra parte la datación U-Pb SHRIMP en circones del metagabro permitió identificar una edad de cristalización de  $465.6 \pm 3.9$  Ma, y estimar una edad de metamorfismo de  $453.9 \pm 2.1$  Ma a partir de áreas metamórficas en circones magmáticos. Por lo tanto, en la provincia de La Pampa, la actividad magmática en el arco famatiniano tuvo lugar entre los ca. 476 Ma y ca. 466 Ma.

Formación Valle Daza (5)

Metagabros

Los afloramientos en este paraje fueron indicados por Stappenbeck (1913) y brevemente descriptas por Linares *et al.* (1980) como granoblastitas piroxénicas. Kostadinoff *et al.* (2001) identificaron la existencia de un complejo de rocas máficas y ultramáficas alargadas en dirección norte en la región central de La Pampa, a partir de la detección de anomalías gravimétricas y magnéticas terrestres, y cuyos valores máximos se detectaron en las localidades de El Durazno, Victorica, El Coya y, dentro de la zona de estudio, en Valle Daza.

Por su parte, Chernicoff y Zappettini (2003b), a partir de información aeromagnética, confirmaron la anomalía magnética y precisaron su delimitación a escala regional, considerando que correspondía a la presencia de rocas máficas, distribuidas en una faja orientación submeridional, con vergencia oeste, limitada por un fallamiento que en su prolongación hacia el norte coincidiría con la falla identificada por Stappenbeck (1913) entre Telén y Victorica.

Delpino *et al.* (2005) realizaron estudios sobre granoblastitas derivadas de gabros y granitos leucocráticos de las márgenes de la salina Valle Daza, determinando correlaciones estructurales, petrológicas y geofísicas consistentes con la continuidad del ambiente de Sierras Pampeanas en el centro de la provincia de La Pampa.

Una modelización de los datos aeromagnéticos indica que el ancho de la faja máfica es de aproximadamente 5km. Se ha detectado que la misma está integrada por niveles de alta susceptibilidad magnética con variaciones compatibles o bien con los distintos tipos litológicos del protolito, o bien con las variaciones generadas por el metamorfismo sobreimpuesto; también cabe interpretar la ocurrencia de escamas tectónicas, como queda sugerido en la interpretación geológica de la modelización (Chernicoff *et al.*, 2005).

Las rocas que se describen en este apartado afloran 4km al sur de la estancia Valle Daza, en los bordes de la salina homónima, donde constituyen relieves



inferiores a un metro de altura sobre el nivel de la salina, y con una continuidad de más de 5 km en sentido este-oeste. Asimismo, integran esta unidad afloramientos de metagabros identificados en la sierra de Lonco Vaca, en la cantera homónima, localizada al norte de la Carta General Acha. En ambos casos, los afloramientos presentan un arrumbamiento submeridiano y contienen intercalaciones de esquistos y están intruidos por granitos y pegmatitas.

Se ha identificado además un afloramiento al borde de la ruta provincial 18 al oeste de la estancia antes citada, donde un leve resalto topográfico indica el lugar de la falla indicada en el mapa en esta localidad. Aquí se han identificado metagabros y núcleos de gabros preservados no afectados por el metamorfismo.

Los gabros son de color gris verdoso sumamente compactos. Constituyen el protolito magmático de los metagabros que se encuentran metamorizados en facies anfibolita y esquistos verdes. Presentan una textura granosa subhedral de grano mediano. Están constituidos por clinopiroxeno diopsídico y plagioclasa labradorítica subhedrales, con minerales opacos intersticiales y titanita como accesorios. El diópsido se encuentra esporádica y muy ligeramente reemplazado por anfíbol en un tipo de textura “sieve” o en los bordes. Se observa muy escasa hornblenda en láminas asociada al diópsido. La labradorita es muy fresca y no muestra evidencias de deformación. Al microscopio se observa una estratificación composicional muy fina consistente en bandas de clinopiroxeno que se alternan con otras de labradorita. Esta estratificación se conserva durante el metamorfismo posterior en los metagabros.

Los metagabros que alcanzaron un metamorfismo en facies anfibolita están formados por diópsido, hornblenda y labradorita con titanita accesoria y minerales opacos. Tienen texturas metamórficas granoblásticas bandeadas y fuerte fábrica metamórfica pueden llegar a

ser granonematoblásticas. Su composición mineralógica puede fluctuar desde un metagabro formado por diópsido, hornblenda y labradorita a una ortoanfibolita escasamente clinopiroxénica.

Los metagabros más comunes, de tipo granoblástico, están constituidos por un diópsido incoloro que pasa a hornblenda con textura “sieve” local, asociados o absorbidos por individuos o grupos de individuos de hornblenda subhedral y labradorita deformada con maclas curvadas y hornblenda verde producto de metamorfismo, titanita y minerales opacos. En la plagioclasa se observa recristalización puesta en evidencia por los contactos poligonales entre los granos y zonas de granulación marginal en las áreas intersticiales a los mismos. Algunas de estas rocas presentan plagioclasas con zonación débil.

En los metagabros microbandeados o “foliados”, en los que se ha preservado la estratificación composicional magmática del protolito, se observan bandas de diópsido pasando a, o asociado a hornblenda subidioblástica, con plagioclasa intersticial, intercaladas con otras de plagioclasa predominantemente granoblástica.

Los metagabros muy ricos en hornblenda muestran en las bandas plagioclásticas la labradorita elongada según la orientación de la foliación producto del metamorfismo, en otros casos la labradorita forma individuos cortos con maclados perpendiculares a la foliación. Además del microbandeado, los metagabros están caracterizados por un macrobandeado en el que las zonas de gabros microbandeados se encuentran alternando con plagioclasitas andesínicas formadas por agregados granoblásticos de plagioclasa con abundante apatita. En estas zonas suele observarse un metamorfismo de bajo grado consistente en la formación de grandes individuos de epidoto a partir de la plagioclasa. Todas estas rocas muestran venas de prehnita transgresiva, hay acidificación de las plagioclasas y formación de actinolita y calcita.

Los metagabros muestran dos eventos metamórficos: uno de facies anfibolita, evidenciado esencialmente por la transformación del diópsido en hornblenda, y otro de facies esquistos verdes caracterizado por la asociación epidoto, feldespato alcalino y clorita. Asociada a esta última facies hay formación de prehnita y prehnitización generalizada. Hay otras que se encuentran en estudio mediante microsonda electrónica.

Presentan de manera inhomogénea que el pasaje de facies anfibolita a esquistos verdes que han soportado, ha producido cristalización de tremolita, clorita, biotita y zoicita a expensas de la hornblenda, así como sodificación de la plagioclasa con cristalización de cuarzo.

Las características alcalinas de estos gabros están dadas por la presencia de feldespato alcalino formado a expensas de la plagioclasa.

La existencia de esta faja de gabros de orientación meridional en el sector centro-norte de La Pampa ha sido interpretada como asociada a la extensión ocurrida detrás del arco ordovícico (Chernicoff *et al.*, 2005, 2008a, 2009b; Zappettini *et al.*, 2005). Zappettini *et al.* (2005) dan detalles del quimismo de esta unidad, consistente con el ambiente de retroarco propuesto.

#### Contexto geotectónico de emplazamiento

Esta faja está limitada por el oeste por la faja de cizalla de Valle Daza, que sería equivalente a aquella localizada en el borde occidental de la faja máfica de Las Águilas (San Luis), presentando al igual que esta última un enriquecimiento en Ni, lo que amerita un análisis de su potencialidad metalogénica de mayor detalle. Este cizallamiento fue originado contemporáneamente con la colisión de Cuyania, reactivado inicialmente en el Devónico en relación con la acreción de Chilenia, y finalmente reactivado como corrimiento con vergencia al oeste durante el Cenozoico, tanto en San Luis (corrimiento Las Águilas) como en La

Pampa (corrimiento Valle Daza). Las deflexiones que desvían al corrimiento Valle Daza de su orientación norte-sur, tal como se observa al norte de la latitud 36° S, habrían dado origen a movimientos de transcurrencia durante el Cenozoico a lo largo de la dirección ONO.

#### Edad

Se considera que la edad de cristalización magmática (ca. 450 Ma; U-Pb SHRIMP en circones; (Chernicoff *et al.* 2008a) obtenida en esta unidad coincide aproximadamente con el timing de cristalización del diópsido y labradorita (y pequeñas cantidades de ortopiroxeno) representativos de la facies metamórfica de granulita que alcanzaron estas rocas. La ubicación temporal de este evento de alta temperatura coincide con aquél identificado por Hauzenberger *et al.* (2001) en el basamento de la sierra de San Luis. La edad de ca. 450 Ma de los metagabros famatinianos de La Pampa indica que, al menos en estas latitudes, el desarrollo del retroarco magmático famatiniano fue activo durante el Ordovícico Superior, aproximadamente unos 25 Ma luego del comienzo de la actividad magmática en la región del arco (Formación Paso del Bote).

#### ORDOVÍCICO SUPERIOR-DEVÓNICO

##### Formación La Horqueta (6)

##### Grauvacas y pelitas

En la provincia de La Pampa La Formación La Horqueta aflora principalmente en el ámbito de la Hoja Puelches en el curso del río Curacó y hacia el sur hasta la estancia La Luz y afloramientos menores en la Sierra Gould. Comprende grauvacas y pelitas que fueron discriminadas de la Formación Carapacha (Chernicoff y Zappettini, 2005; Chernicoff *et al.*, 2008-GR), esta última de edad pérmica y ambiente deposicional continental, que se habrían formado en un contexto diferente, siendo interpretados como depósitos de antepaís (Chernicoff *et al.*, 2008f), en relación con la colisión del terreno Patagonia que se habría iniciado hacia el Carbonífero superior, con máximo desarrollo (colisión, deformación y

levantamiento) hacia el Pérmico inferior (Ramos, 2008).

En el área de la Hoja General Acha, a 1km del tajar situado 4km al sur de la Ea. Santa Clementina se identificaron sedimentitas de grano muy fino de color verdoso amarillento, posibles grauvacas, semejantes a las que afloran en la Hoja Puelches, no observándose relación con los esquistos y rocas pegmatíticas aflorantes en el área. El conjunto se halla muy alterado formando una gran cobertura de regolito y arena de aproximadamente 2m de espesor.

En Valle Daza se identificó un depocentro con escasos afloramientos asignados también a esta unidad. (Chernicoff y Zappettini, 2005; Chernicoff *et al.*, 2008-GR), que conforman una secuencia monótona de areniscas y pelitas verde grisáceas. La fracción clástica de arenisca comprende granos de cuarzo y feldespato así como granos líticos, angulosos y con dimensiones entre 0.054 a 0.75mm, la matriz alcanza a un 10%, correspondiente al límite arenita-wacke; se encuentra parcialmente recrystalizada a epidoto-clorita y biotita-albita-titanita subordinadas, correspondiendo esta asociación metamórfica a la facies de esquistos verdes. Se observa lineación de la biotita, indicativa de una incipiente esquistosidad. Las pelitas contienen escasos granos líticos angulosos de rocas volcánicas, en parte reemplazados por calcita, granos monomienrales de cuarzo, con dimensiones entre 0.053–0.25 mm; hay escasos granos de microclino, circón y moscovita deformada, la matriz es arcillosa y en gran parte recrystalizada a illita. Se ha identificado la presencia de illita de amonio, chamosita y sheridanita. La primera es indicativa de la presencia de materia orgánica, en tanto la chamosita es característica de ambientes marinos someros. La sheridanita, por su parte es un indicador de ambientes marinos euxínicos, lo que está de acuerdo con la presencia local de pirita autigénica.

Los afloramientos en Valle Daza se encuentran afectados por metamorfismo

térmico debido a la intrusión de granitoides devónicos.

#### Ambiente de formación

Los sedimentos asignados a la Formación La Horqueta son interpretados como depósitos de cuenca de antepaís localizados en corteza continental, correspondiente al terreno Cuyania, hacia el oeste del terreno Pampia, sobre el que se han identificado depocentros menores tales como el localizado al oeste de Valle Daza.

Los datos geoquímicos de las areniscas asignadas a la Formación La Horqueta indican que los sedimentos de la cuenca provienen de rocas ígneas félsicas, implantadas en un margen continental activo.

#### Edad

Chernicoff *et al.* (2008f) realizaron dataciones por el método U-Pb SHRIMP en 36 circones detríticos, con el fin de identificar las principales fuentes de los depósitos de la cuenca. La mayoría de los granos son cámbricos (n=17) o neoproterozoicos (n=8), seguidos de escasos circones ordovícicos (n=4), y silúrico-eodevónicos (n=5). En su mayoría los granos son magmáticos y una tercera parte de ellos presenta zonación originada por crecimientos metamórficos. La curva de probabilidad acumulada muestra cuatro poblaciones de edad principales, de 425 Ma (n=3), 467 Ma (n=4), 536 Ma (n=13), y 570 Ma (n=2). Las dos poblaciones principales paleozoicas corresponden a una edad concordia con intersección inferior de  $533.3 \pm 3.8$  Ma (n=12) y una edad media ponderada de  $465.9 \pm 2.3$  Ma (n=4). Es decir que las fuentes principales en la subcuenca de Valle Daza están predominantemente representadas por circones neoproterozoicos–cámbricos derivados del Arco Pampeano (reciclados o no en la secuencia sedimentaria metamorfizada hacia los 466 Ma y expuesta en Paso del Bote, fuera del área de la Hoja General Acha). Todos los circones ordovícicos analizados así como los rebordes son metamórficos, lo que sugiere una

importante contribución de rocas metamórficas exhumadas (466 Ma). El transporte de estos granos fue posiblemente corto.

La edad media  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  de la principal población de circones metamórficos corresponde a la edad máxima de la sedimentación, indicando que esta comenzó probablemente hacia el Ordovícico superior. Esta edad se corresponde con el evento colisional entre los terrenos Cuyania y Pampia (Astini *et al.*, 1996), y es compatible con la edad U–Pb determinada en circones completamente recristalizados obtenidos en paraesquistos granatíferos de Paso del Bote. El rango de edades 405–442 Ma se interpreta como un reseteo de bordes de circones por metamorfismo térmico debido a la intrusión de granitoides devónicos presentes en el área.

Los circones ordovícicos analizados presentan relaciones  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$  correspondientes a valores  $\varepsilon\text{Hf}(T)$  entre  $-2.05$  y  $-4.39$ . Los valores  $\varepsilon\text{Hf}(T)$  de los circones cámbricos varían entre  $-5.16$  y  $+1.20$  y aquellos neoproterozoicos entre  $-8.28$  y  $-1.34$ . Estos valores sugieren que la fuente primaria contenía una gran cantidad de corteza antigua reciclada. Se interpreta que rocas corticales entre 1.4–1.95 Ga forman parte del sustrato de Pampia que no habría estado expuesto durante el periodo de depositación de los sedimentos representados por la Formación La Horqueta (Ordovícico superior – Devónico) debido a la ausencia de circones detríticos de esa edad.

## DEVÓNICO

### Formación Curacó (7)

Granitos muscobotíticos, parcialmente pegmatóides

Los afloramientos graníticos asignados a la Formación Curacó se localizan en el sector sudoriental de la Hoja General Acha y se emplazan tanto en metamorfitas de la Formación Las Piedras como en los Esquistos Santa Helena.

La extensión subaflorante de estos cuerpos fue determinada mediante datos

aeromagnéticos (Chernicoff y Zappettini, 2003b; 2004).

En las cercanías de El Carancho, ubicado 48 km al oeste de General Acha, y en el borde de la laguna Trarú Lauquén situada a unos 200m al sur del almacén del paraje citado (en el camino de General Acha a Chacharramendi), afloran pegmatitas constituidas por feldespato y cuarzo, de grano grueso y con textura gráfica, observándose también granito botítico-muscovítico de grano mediano muy alterado, y gran cantidad de brechas cementadas por calcedonia y cuarzo que engloba feldespato blanco.

En la Ea. San Miguel se hallan granitos muscobotíticos, parcialmente pegmatóides, observados a partir de muestras de pozos, a los que se asocian gneises de ojos. En los alrededores, abundante regolito de un granito de grano grueso, de hasta 1 cm, con preeminencia de clastos, es indicativo de que el granito se encuentra a una profundidad de pocos metros.

En un tajamar situado 4 km al sur de la Ea. Santa Clementina se observó regolito de rocas graníticas de grano medio a pegmatítico de color rosado y grisáceo.

En otro tajamar situado aproximadamente 4km al sudoeste de la misma estancia, se halló muy abundante regolito de grandes dimensiones de pegmatitas formadas por cuarzo, feldespato potásico, nidos de muscovita y turmalina.

En los alrededores de la Ea. San Antonio, 1km al sudeste del casco, se halló un destape de rocas graníticas rosadas de grano medio, muy alteradas.

Un afloramiento de pegmatitas de reducidas dimensiones se encuentra en el cruce de la ruta provincial 24 y la huella que se dirige al norte hacia la Ea. El Destino, sector en el cual se desarrolla un ambiente de sedimentos eólicos y bloques de granitos pegmatóides con textura gráfica y muscovita, indicio de basamento subaflorante y que se extiende hasta las cercanías de la ruta nacional Nº 152, donde se ha abierto una cantera. Sobre la misma ruta, unos 2 km al norte del cruce con la



ruta provincial 24, se observa una tonalita leucocrática subaflorante, de color gris rosado, de grano fino a mediano. Microscópicamente, presenta textura granular hipidiomórfica, y está compuesta por cuarzo, oligoclasa (An 24%) como componentes principales y turmalina (schorlita?) como accesorio. La plagioclasa posee maclas muy finas, en parte algo flexuradas formando *kinks* muy pequeñas. La turmalina es muy abundante indicando fuerte turmalinización o pneumatólisis.

#### Contexto geotectónico de emplazamiento

Son intrusiones post-orogénicas correlacionables con granitoides de similiar composición y asignados al Ciclo Achaliano en el ámbito de las Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis.

#### Edad

Granitos de la Formación Curacó, que afloran en la confluencia de los ríos Cura Có y Colorado, en la vecina hoja Puelches, fueron datados por el método Rb/Sr en  $397 \pm 25$  Ma; (Sato *et al.*, 1996).

#### PÉRMICO

##### Formación Arizona (8)

##### Conglomerados y areniscas

Una potente secuencia de conglomerados y areniscas neopaleozoicas, cuya distribución está controlada por la geometría del Corrimiento Valle Daza-Lonco Vaca (Chernicoff *et al.*, 2005) se distribuye en tres depocentros localizados en el área de Arizona (Chernicoff y Zappettini, 2005a, 2005b, 2007) fuera del ámbito de la Hoja.

Se han identificado depósitos neopaleozoicos, asociados con bajos gravimétricos, que se localizan en la proximidad de Arizona (sur de la provincia de San Luis), al oeste de Telén y al oeste de Valle Daza, Chernicoff y Zappettini (2005a). Estos tres depocentros, a su vez, se encuentran alineados en la dirección norte-sur con otros ubicados más al norte, en las Sierras Pampeanas Orientales (Tasa Cuna y Chancaní, provincia de Córdoba, y Bajo de Véliz, provincia de San Luis), estando estos

tres últimos también asociados con bajos gravimétricos.

Los asomos de sedimentitas neopaleozoicas localizados inmediatamente al norte de la localidad de Arizona conforman una lomada de más de 30 km de extensión en sentido norte-sur y 10 km en sentido este-oeste (Loma Alta), comprendiendo estratos de conglomerados y areniscas con textura granodecreciente que incluyen clastos de metamorfitas e intrusivos del basamento pampeano.

El pequeño bajo gravimétrico de Telén (depocentro Telén) es consistente con la presencia de areniscas continentales rojas asignadas al Pérmico, localizadas entre los -300 y -624m en esta localidad (Dirección Nacional de Geología y Minería 1958).

Más al sur, al oeste de la salina de Valle Daza, en el ámbito de la Hoja General Acha, se han identificado clastos de areniscas rojas como constituyentes del regolito que por su localización coinciden con el depocentro Daza y por ende se asimilan a las secuencias neopaleozoicas de la región, debido a su pobre exposición a la escala de trabajo se ha omitido su representación en el mapa geológico.

#### Ambiente de formación

El mecanismo de formación de las cuencas neopaleozoicas de Arizona, Telén y Daza, así como el proceso de sedimentación, habrían estado controlados por los movimientos chánicos que reactivaron lineamientos y suturas más antiguas, de manera análoga a lo ocurrido en el noroeste argentino (véase Fernández Seveso y Tankard 1995). En el área de estudio la falla que controla por el este la depositación de los sedimentos neopaleozoicos (falla Lonco Vaca-Valle Daza) corresponde a un lineamiento estructural de probable edad paleozoica inferior, originado por extensión en el retroarco famatiniano, luego reactivada como estructura compresiva durante la colisión de Cuyania contra Pampia (Chernicoff *et al.* 2005; Zappettini *et al.* 2005; Chernicoff *et al.* 2007a). Los

movimientos chánicos reactivaron nuevamente esta falla y condujeron a la formación de depocentros más o menos aislados, alineados en la dirección norte-sur, que forman parte de la cuenca de Paganzo.

En el esquema de Fernández Seveso y Tankard (1995), la sutura entre Cuyania y Pampia, y también otras grandes estructuras meridianas de edad originalmente paleozoica inferior presentes en ambos terrenos, fueron reactivadas como fallas transtensionales durante los movimientos chánicos, generando una serie de cuencas transtensionales o de pull apart; la convergencia oblicua del terreno Chilena habría otorgado el carácter dextrógiro al desplazamiento transcurrente ocurrido a lo largo de dichas megaestructuras (Ramos 1988). En este contexto Chernicoff y Zappettini (2007) han propuesto un mecanismo de formación equivalente para los depocentros considerados, en relación con el movimiento dextrógiro a lo largo de la falla Lonco Vaca-Valle Daza.

#### PÉRMICO -TRIÁSICO GRUPO LIHUÉ CALEL

##### Antecedentes

Una de las primeras consideraciones acerca de la presencia de porfiritas y pórfiros graníticos en la provincia de La Pampa se deben a Wichmann (1928) quien consideró que los pórfiros que afloran en el curso inferior del río Salado o Chadileuvú son una prolongación hacia el sudeste del ciclo eruptivo que afecta el área de la Precordillera de San Juan y Mendoza.

Sobral (1942) también hizo mención de la presencia de “pórfiros oscuros” a lo largo del Chadileuvú desde Cura C6 (Puelches) hasta Pichi Mahuida.

Criado Roqué (1972a) creó el Grupo Sierra Pintada para la secuencia volcánica del Bloque de San Rafael que sería homologable a la Serie Porfirítica o Formación Choiyoi de otros autores, posteriormente el mismo autor (1972b)

extendió esa nominación a las porfiritas que afloran en La Pampa.

Sobre la base de los trabajos de Llambías y Leverato (1975) y Llambías (1973; 1975), Linares *et al.* (1980) señalaron algunas modificaciones a la definición original de Criado Roqué (1972b), agrupando con el mismo nombre a todas las facies volcánicas y plutónicas del magmatismo en la provincia de La Pampa definiendo tres unidades: Formación Zúñiga (leucogranitos rosados), Formación El Centinela (andesitas) y Formación Choique Mahuida (riolitas).

Posteriormente Espejo y Silva Nieto (1996) propusieron nominar al magmatismo gondwánico de La Pampa como Grupo por Lihuel Calel, argumentando que los componentes del Grupo Sierra Pintada definido para el Bloque de San Rafael no se hallan totalmente representados en el Bloque de Chadileuvú, pero manteniendo las tres formaciones definidas por Llambías (1975).

#### Formación El Centinela (9) Andesitas, traquiandesitas

##### Antecedentes

Esta entidad fue definida por Llambías (1975) en referencia a la facies mesosilícica del evento magmático gondwánico íntimamente asociada a las riolitas de la Formación Choique Mahuida y cuya localidad tipo la constituyen los extensos afloramientos del cerro El Centinela y de las Lomas de Olguín, en el departamento Chical C6 (La Pampa). El perfil tipo está integrado por andesitas, pórfiros andesíticos y filones capas de microdioritas.

##### Distribución areal

Esta formación está muy poco desarrollada en esta Hoja, solo reconocida en la cantera ubicada en el kilómetro 130 de la Ruta Nacional 152 y en sus alrededores e inmediatamente al norte del saltral de La Asturiana, en el km 120 a ambos lados de la ruta nacional 152.

##### Litología

Está compuesta por rocas de textura porfírica, con pasta afanítica y fenocristales alterados de feldespato potásico, plagioclasa, clinopiroxeno, biotita y anfíbol. El color predominante es verde oscuro, variando al verde claro, gris oscuro o morado, dependiendo del grado de alteración, ya sea por epidotización o cloritización. Estas rocas han sido clasificadas como traquiandesitas por Quenardelle y Llambías (1997), quienes reconocieron en ellas abundantes xenolitos de esquistos biotíticos.

#### Edad y correlaciones

En forma indirecta Quenardelle y Llambías (1997) por el hallazgo de clastos de composición traquiandesítica similares a las que afloran en La Asturiana en los flujos brechosos de la sección inferior de las riolitas de la sierra Chica sobre la ruta nacional 152, infirieron que posiblemente las traquiandesitas sean más antiguas que las riolitas, sin embargo Rapela *et al.* (1996) las incluyeron en la misma isócrona de las riolitas de Lihué Calel ( $240,6 \pm 2,0\text{Ma}$ ) por lo que podrían ser contemporáneas si esa alineación no fuera circunstancial (Quenardelle y Llambías, 1997)

Para las rocas de esta unidad que afloran en la Hoja que se describe, no se dispone de dataciones directas; sí las hay de rocas similares que afloran en localidades vecinas. En la Hoja Puelches, un dique de melanoandesita que intruye a un leucogranito gondwánico al suroeste de la laguna La Amarga, fue datado en  $262 \pm 10\text{Ma}$ , según el método K/Ar, asimismo las andesitas que afloran en La Represa fueron datadas con el mismo método en  $242 \pm 10\text{Ma}$ . (Linares *et al.*, 1980).

Melchor y Llambías (2000), consideraron para esta unidad una edad de  $236,6 \pm 1,0\text{Ma}$ , según el método  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ . Sin embargo, haciendo mención a Linares *et al.* (1980), expresaron que las edades radimétricas disponibles (K/Ar) indican que la edad de estas vulcanitas se ubicaría en el lapso Pérmico inferior-Triásico inferior, con valores próximos a 250-260 Ma y 230-240 Ma, si bien el error analítico es alto.

Formación Choique Mahuida (10)

Ignimbritas riolíticas, dacitas, riolitas, brechas riolíticas

#### Antecedentes

Vilela y Riggi (1956) describieron las características de estas rocas, en particular las que afloran en el sector sudoeste de la Hoja General Acha, definiendo como riolitas los afloramientos de la Sierra de Lihué Calel, Sierra Chica, estancia Dos Naciones y estancia La Asturiana, a las que consideraron como integrantes de la Serie Porfírica. La denominación formal del epígrafe fue propuesta por Llambías (1975) para describir el plateau de rocas extrusivas ácidas, ampliamente extendido en el centro y oeste de la provincia de La Pampa (Llambías y Leverato, 1975) de variadas tonalidades y texturas, reconociendo por primera vez el carácter piroclástico de las mismas. Linares *et al.* (1980) sobre la base de Llambías (1975) describieron muchos de los afloramientos de estas rocas que están en el área cubierta por la Hoja y aportaron dataciones radimétricas que permitieron definir con mayor precisión su edad. Se destacan los aportes de Sruoga y Llambías (1992) y de Quenardelle y Llambías (1997) que se enfocan sobre las características petrográficas, geoquímicas y tectónicas de las sierras de Lihué Calel y Chica respectivamente.

#### Distribución areal

Dentro de la Hoja General Acha, esta unidad aflora en las sierras de Lihué Calel y Chica, además de otros asomos dispersos de menor extensión, ubicados casi todos ellos en el sector sudoeste de la misma.

#### Litología

Las rocas aflorantes Lihué Calel fueron consideradas por Linares *et al.* (1980) como una espesa sucesión de riolitas estratificadas que en su base presentan un banco tobas pisolíticas e ignimbritas vítreas, a las que le siguen 1840m de ignimbritas cristalizadas.

Estudios petrográficos realizados por los autores sobre una roca aflorante a

unos 3 km al norte de estancia El Porvenir, al sudeste del paraje El Carancho, fue clasificada como una felsoriotita o leucoriotita felsítica, de aspecto macroscópico denso, color gris violáceo y fractura concoidal. Microscópicamente, muestra una textura microgranítica porfiroidea, compuesta esencialmente por cuarzo, feldespato y moscovita. Se observan algunos fenocristales de cuarzo y feldespato, y en parte glomérulos de cuarzo-plagioclasa, en una base sacaroide cuarzo-feldespático-moscovítica. La plagioclasa es oligoclasa (An24%).

Una muestra extraída del cuerpo principal de la sierra de Lihué Calel fue clasificada como una ignimbrita cristaloclástica. Macroscópicamente es una roca densa, de color gris rosado-rojizo, con cierto aspecto brechoso debido a los porfiroblastos y/o cristaloclastos. Microscópicamente, muestra una textura porfiroclástica-cristaloclástica, compuesta por fenoclastos de cuarzo, feldespato potásico perfitico, biotita, clorita y opacos, en una pasta de cuarzo, feldespato y moscovita, con epidoto y hematita?, en calidad de accesorios. La pasta inicial ha sufrido una silicificación intensa y contiene mica recristalizada. Los cristaloclastos tienen sus bordes reabsorbidos; algunos cristales de cuarzo están partidos y penetrados por la pasta. En esa misma sierra Vilela y Riggi (1956) describieron riolitas de color gris violáceo claro, con abundantes fenocristales feldespáticos translúcidos y cuarzo subordinado. Microscópicamente, muestran una textura porfírica y se componen de 61% de pasta microgranular, 22% de sanidina, 15% de cuarzo y 2% de plagioclasa, biotita y epidoto. Por su parte, al sur de la sierra Chica, mencionaron una dacita parda de textura porfírica, con fenocristales idiomorfos blanquecinos de plagioclasa (de unos 4 mm) y félicos alterados más pequeños, en una pasta afanítica ligeramente fluidal, constituida por 89% de pasta, 10% de oligoclasa-andesina y 1% de biotita y óxido de hierro. En el ámbito de esta última sierra, definieron una riolita de color gris verdoso oscuro, en parte parda,

con abundantes fenocristales feldespáticos blanquecinos de 1 a 2 mm de largo y menor proporción de cuarzo, con una textura porfírica con pasta criptocristalina fluidal, compuesta por 82% de pasta, 8% de ortosa, 4% de andesina, 4% de cuarzo y 2% de biotita, epidoto, titanita y óxido de hierro.

En cerro Negro, y en menor medida en Loma Negra, aflora una roca vítrea, oscura constituida por pequeños fenocristales menores de 1mm de cuarzo y feldespato en una proporción del 30% del total, en una pasta afanítica raramente vítrea. Poseen alta fluidalidad marcada con filetes de flujo continuos muy delgados de 1 a 2mm de espesor, producto de la extrusión del magma como lavas. Tienen un intenso diaclasamiento, de rumbos predominantes N-S y E-O, y en menor medida N10°O y N60°O.

En la huella de entrada a la estancia Los Ranqueles afloran riolitas de color morado y gris negruzco, muy silicificadas, conjuntamente con otras que parecen ser de composición andesítica.

Al sudeste del salitral que se encuentra en las cercanías de la estancia La Asturiana (unos 1500m al este del puesto) afloran dacitas de color rojizo con feldespato, biotita y escaso cuarzo. Unos 12 km al noroeste de la misma estancia existe un afloramiento de grandes dimensiones de vulcanitas rojizas pertenecientes a esta unidad.

Al sudeste del Salitral del 20 se observa un afloramiento de grandes dimensiones de vulcanitas rojizas de esta unidad.

Desde el punto de vista geoquímico Sruoga y Llambías (1992) caracterizaron a las riolitas de Lihué Calel con un alto contenido en sílice, potasio y ligeramente peraluminosas, asimismo a la sierra Chica Quenardelle y Llambías (1997), geoquímicamente la definieron como una secuencia calcoalcalina de alto contenido de potasio, metaaluminosa, concluyendo que ambas sierras constituyen centros volcánicos diferentes, aunque probablemente contemporáneos.

## Edad y correlaciones

Numerosas dataciones radimétricas realizadas por Linares *et al.* (1980) en afloramientos de esta formación ubicados en la sierra de Lihué Calel, aplicando los métodos Rb/Sr y K/Ar, dan como promedio una edad de  $236 \pm 5$  Ma, ubicándose en el período Triásico medio a superior, tomando el límite Pérmico-Triásico en  $252 \pm 2$  Ma, según la Carta Estratigráfica Internacional de la IUGS (2015). Un estudio paleomagnético realizado por Conti y Rapalini (1990) en uno de los miembros (Ojo de Agua) en que subdividieron la unidad, permitió establecer una edad de 270-250 Ma, comprendida entre el Pérmico inferior tardío y el Pérmico superior tardío. Rapela *et al.* (1996) establecieron una edad Rb-Sr de las riolitas de Lihué Calel de  $240,6 \pm 2,0$  Ma.

## Formación Zúñiga (11)

Leucogranitos rosados a grises de grano medio a fino

### Antecedentes

Esta unidad fue reconocida por Llambías (1975) y descripta formalmente por Linares *et al.* (1980) para designar la facies plutónica del volcanismo riolítico de la Formación Choique Mahuida, lo que se verifica -según indican Linares *et al.* (1980) por las variaciones gradacionales de las texturas que van desde porfíricas a microgranosas. La localidad tipo se encuentra en el puesto Zúñiga, ubicado al noroeste de la provincia de La Pampa.

### Litología

En general, esta unidad está compuesta por leucogranitos rosados a grises de textura granular hipidiomorfa, de grano fino a medio, compuestos por plagioclasa (oligoclasa cálcica), feldespato potásico, cuarzo y escasa biotita.

### Distribución areal

El principal afloramiento corresponde al cuerpo granítico que aflora

en las inmediaciones de Chacharramendi, donde constituye la Loma Redonda. Allí se presenta un afloramiento de grandes dimensiones de granitos de color morado, de grano medio con cuarzo y muscovita. Unos 300 m al sur el tamaño de grano aumenta, constituyendo reventones de cuarzo.

Se asigna también a esta unidad los regolitos graníticos localizados sobre la ruta provincial 15, en las adyacencias de la Ea. La Verde, correspondiente a una roca de textura granosa, panalotriomorfa, de grano medio a grueso, color gris rosado, que aflora en la zona en exposiciones escasas, pequeñas y discontinuas.

Sobre la ruta provincial 24, hacia el oeste de la intersección con la ruta nacional 152, un área de lomadas evidencia el sustrato subaflorante. Se trata de granitos de grano grueso hasta pegmatoide, rosados, compuestos por cuarzo y feldespato potásico, con turmalina y muscovita como subordinados. En la zona es muy abundante el regolito de tamaño medio hasta en bloques más o menos pequeños, que se ponen en evidencia por el trabajo de las máquinas viales. En los bordes de la depresión de la estancia La Justina y en el Salitral del 20 se encontraron las mismas rocas; en la margen norte de este salitral se observan dos crestas pegmatíticas de rumbo 60-70°E, con esquistos cuarzo micáceos como roca de caja.

Sobre la ruta provincial 13, unos 5 km al norte del cruce con la ruta provincial 24 y en las cercanías de la estancia El Eucalipto, aflora un granito leucocrático de textura granosa, color gris rosado y textura fina con motas brillantes de mica blanca. Microscópicamente, presenta textura granular alotriomórfica, con cuarzo, microclino, biotita, ortoclasa y oligoclasa (An 20%), como componentes principales y apatita, circón y hematita, como accesorios. El cuarzo presenta deformación en franjas paralelas al eje C. La muscovita tiene flexiones muy suaves, mientras que la plagioclasa tiene una muy leve alteración argílica. En los alrededores se observó abundante regolito de la facies

pegmatoidea, con predominio de cristales de feldespato potásico, además de cuarzo y moscovita.

Otras localidades en donde aflora o subaflora esta unidad son Loma Alta y sus alrededores, en Sierra Chata, en las cercanías de estancia El Porvenir, en la estancia La Magdalena y en estancia El Huitrú. En la estancia El Porvenir aflora un granito leucocrático porfiroideo, de color gris, grano fino y con cierto aspecto porfiroideo y moscovita en granos pequeños. Microscópicamente, presenta textura granular alotriomórfica, con cuarzo, oligoclasa (An20%), ortoclasa y microclino, como componentes principales y apatita, circón y rutilo, como componentes accesorios. Muestra una alteración muy suave en los feldespatos, quizás argílica. La plagioclasa puede estar cribada por moscovita. Los espacios intergranulares están ocupados por una base fina de cuarzo, moscovita y escasa biotita.

Por su parte, una muestra extraída sobre la ruta provincial 15, 3 km al norte de la intersección con la ruta provincial 20, al oeste de Chacharramendi, fue clasificada como granito porfiroide (Foto 1). Macroscópicamente, es una roca de grano fino y color rojizo con algunos megacristales que determinan su carácter porfiroide. Al microscopio la textura se aprecia como granular porfiroide. Sus componentes principales son cuarzo, feldespato potásico pertítico, biotita y moscovita, con apatita como accesorio. La roca tiene una cristalización (por acción de contacto?) de moscovita en dos generaciones a juzgar por su tamaño. Además los fenocristales de mica han sido desflecados con lenticillas de opacos a lo largo del clivaje.

Un poco más al norte, en el cruce de la ruta provincial 15 con la ruta provincial 143, un afloramiento de gran tamaño nominado como Loma Alta y desarrollado como cantera (Foto 2), corresponde a un granito de color gris rosado, con motas gris oscuras y textura granular de tamaño mediano. Microscópicamente muestra una textura

granular alotriomórfica con cuarzo, feldespato potásico, oligoclasa (An12-26%), biotita, moscovita y opacos como componentes principales, con apatita y circón como accesorios. La plagioclasa puede estar cribada por minúsculas agujas de moscovita. El feldespato potásico puede ser pertítico, viéndose además una textura en tablero de ajedrez con plagioclasa en el feldespato. El afloramiento se encuentra intensamente diaclasado, presentando juegos principales de rumbo e inclinación E-O (50°S) y N40°O, N60°O y N40°E, subverticales.

Subaflorando sobre la ruta provincial 15, a unos 2 km al norte de la ruta provincial 20, se observan bloques de un granito aplítico, color gris rosado, de grano fino, equigranular y aspecto sacaroide. Microscópicamente, tiene una textura granular en parte hipidiomórfica. Sus componentes principales son plagioclasa (An29%), oligoclasa, cuarzo, biotita, mineral opaco, moscovita y feldespato potásico, mientras que los accesorios son apatita y circón. Los feldespatos están cribados por microscópicos cristales de un mineral acicular no reconocido. En el cruce de las mismas rutas, Sotorres y Tullio (1995) citaron la existencia de granitos rosados alterados tipo "gneiss", intruidos por filones pegmatíticos.

La sierra Chata, ubicada en el ángulo sudoeste de la Hoja, está compuesta por plutonitas ácidas paleozoicas. El estudio petrográfico clasificó a la roca como un granito, de grano fino a mediano, color gris a rosado con motas de biotita. Microscópicamente es una roca de textura granular alotriomórfica compuesta por cuarzo, microclino, oligoclasa (An 25%), epidoto y biotita. Se observan algunas pertitas microclínicas así como áreas con hematitas aisladas o en forma de venillas discontinuas.

Linares *et al.* (1980) citaron la existencia en un molino y a unos 30 m de profundidad, de un granito gris rosado, grano mediano que consideraron el asomo más oriental de los granitos del Pérmico

superior. Los autores del presente trabajo, observaron bloques de granito de grano fino, de color rojizo sobre la ruta 12, unos 8 km al noroeste de la estancia La Magdalena y al sur de la Hoja, algo más al este aún.

#### Edad y correlaciones

Las determinaciones radimétricas realizadas por Linares *et al.* (1977) indican para esta unidad una edad Pérmico superior-Triásico inferior. Particularmente, dataciones realizadas en los leucogranitos de Loma Alta, determinaron un edad potasio-argón de  $207 \pm 10$  M.a, concordante con la hallada por rubidio estroncio, de  $213 \pm 10$  millones de años (Linares *et al.* (1980). Por otra parte, dataron los leucogranitos de estancia El Huitrú y Sierra Chata en  $259 \pm 10$  y  $227 \pm 10$  Ma (Pérmico medio a superior y Triásico, respectivamente).

#### CRETÁCICO

##### Basaltos Cretácicos (?) (12)

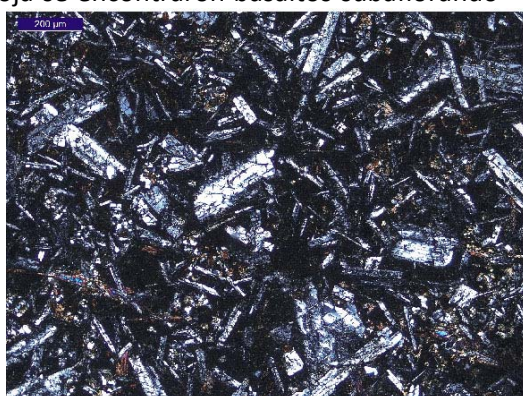
##### Basaltos vesiculares

No hay citas previas sobre la presencia de basaltos en esta región de La Pampa. Durante las tareas de campo correspondientes al levantamiento de esta Hoja se encontraron basaltos subaflorando

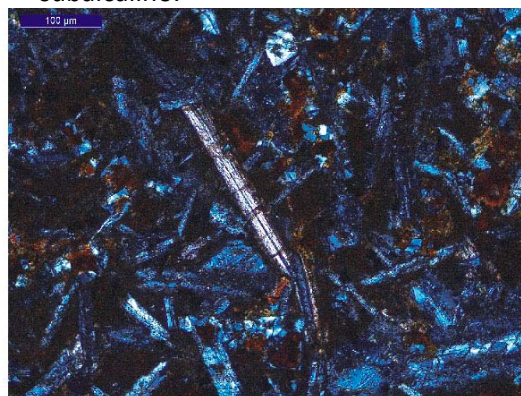
a unos 5km al oeste de la estancia La Magdalena, evidenciados a partir de la construcción de un jagüel, y aflorando con reducidas dimensiones en proximidades del tajamar situado 1000m al este de dicho establecimiento donde aparentemente yacen sobre metamorfitas de la Formación Las Piedras. Manifestaciones semejantes fueron reconocidas al sur de esta localidad, en la vecina Hoja Geológica Puelches, en el molino de la estancia La Sara.

Son basaltos de color predominante pardo rojizo, aunque algunos de ellos son gris oscuro y negro, con numerosas vesículas rellenas por sílice, celadonita y/o carbonato.

El estudio de las muestras revela una roca con textura microporfírica a seriada con pasta intersertal. Los microfenocristales son exclusivamente de plagioclasa de hasta 1mm de longitud, presentan frecuente fracturación y alteración sericítica leve a moderada. La pasta está integrada por microlitos de plagioclasa, prismas de clinopiroxeno, abundante vidrio que contiene pequeños gránulos de minerales opacos y escaso cuarzo intersticial. El vidrio se encuentra parcialmente reemplazado por filosilicatos del grupo de las esmectitas. Las rocas clasifican por su mineralogía y textura como basaltos, que presentan carácter subalcalino.



A



B

Figura 4: A) Textura general de las rocas. Se observan microfenocristales de plagioclasa en pasta intergranular afieltrada. Con analizador, 4x.; B) Detalle de la mesostasis, exhibiendo sección de pigeonita. Con analizador, 10x.



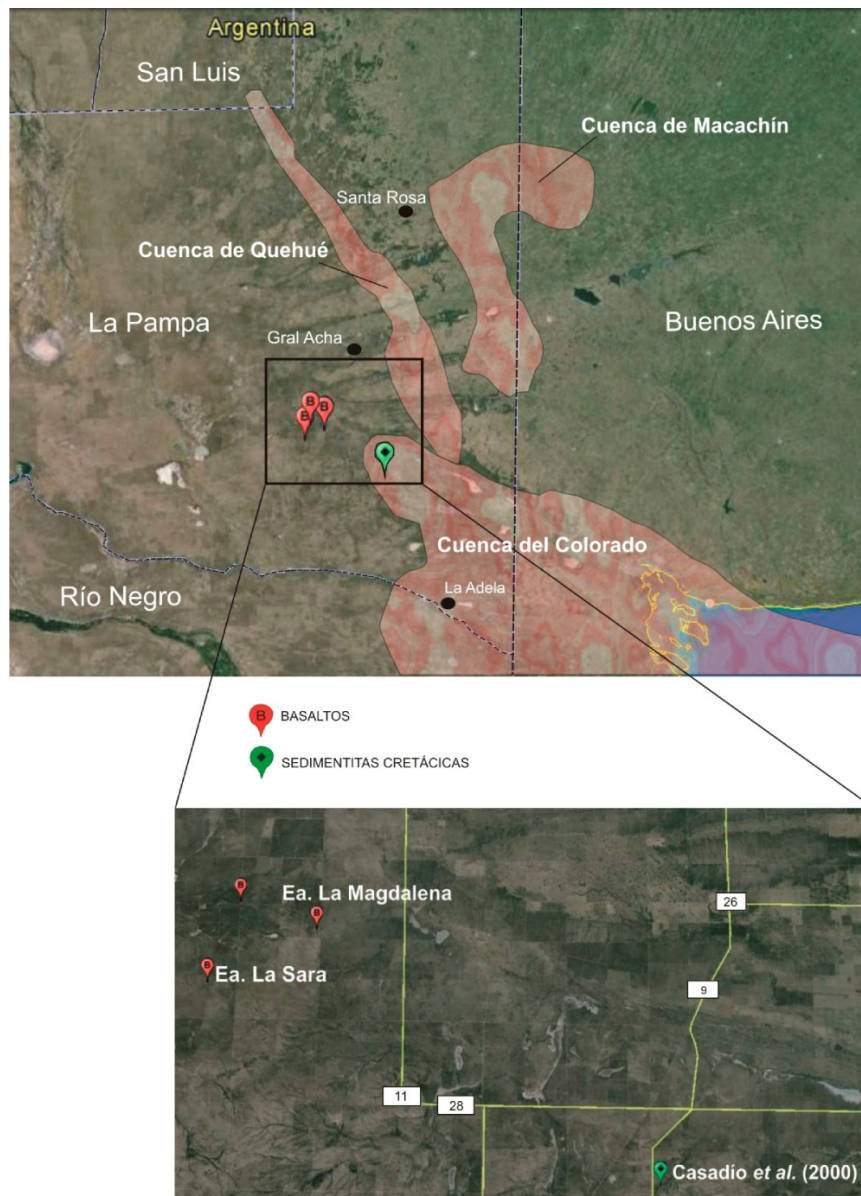


Figura 5: Plano de ubicación de los de basaltos

En la zona estudiada confluyen en la cuenca del Colorado los sistemas de rift pampeano central y occidental, desarrollados durante la etapa distensiva del Cretácico temprano (Ramos, 1999; Chebli *et al.*, 1999). Por su ubicación geográfica (Figura 5) podrían estar vinculados a la apertura de la cuenca de rift de Quehué, de posible edad cretácica de acuerdo con los esquemas propuestos por Kostadinoff y Llambías (2002) y Elorriaga *et al.* (2013). De todos modos, los basaltos se encuentran muy próximos a los afloramientos de sedimentitas rojizas cretácicas asignadas por Casadio *et al.* (2000) a la cuenca del Colorado. En general

los basaltos vinculados a los rifts central y occidental de la Argentina son de naturaleza alcalina (Lagorio, 2008). En cambio, los basaltos que aquí se describen son subalcalinos y con abundante presencia de celadonita, por lo que tendrían más afinidad con los derrames toleíticos de Serra Geral, si bien no está demostrado el alcance de ese volcanismo en el ámbito de la provincia de La Pampa. Futuras investigaciones en curso permitirán tipificar con mayor precisión estas rocas y su ambiente tectónico. Momentáneamente se asigna a estos basaltos una edad cretácica.

CENOZOICO  
NEÓGENO  
MIOCENO SUPERIOR

#### Formación Cerro Azul (13)

Limolitas arcillosas, areniscas limosas y areniscas muy finas

#### Antecedentes

Bajo esta denominación Linares *et al.* (1980), sobre la base de un trabajo inédito de Llambías (1975), agruparon a un conjunto de sedimentitas loessoides que afloran en casi todo el ámbito de la provincia de La Pampa y que históricamente fueron reconocidas bajo distintas denominaciones como Formación Araucana (Döering, 1882), Araucano (Ameghino, 1889), Pampeano (Stappenbeck, 1926; Salso, 1966), Formación La Pampa (Zambrano, 1974). Más recientemente numerosas investigaciones contribuyeron a la caracterización sedimentológica, mineralógica, ambiental y paleontológica de esta unidad, entre las que se destacan los trabajos de Visconti *et al.* (1996), Goin *et al.* (2000), Visconti (2007), Folguera y Zárate (2009) y Visconti *et al.* (2010).

#### Distribución areal

Dentro de los límites de la Hoja la Formación Cerro Azul aflora fundamentalmente en el sector oriental, donde conforma planicies estructurales disectadas por los llamados valles pampeanos, destacándose los valles de Quehué, Argentino, Maracó Grande y Chico, Hucal y Daza. Hacia el occidente, donde la planicie estructural ha sido mayoritariamente destruida por la erosión, se reconoce saltuariamente en cerros testigos como los cerros La Bota, Patagua, Baguales y adosada a la sierra Chata.

#### Litología

Litológicamente la Formación Cerro Azul está compuesta por limolitas arcillosas, areniscas limosas y areniscas muy finas de color castaño rojizo que suelen contener nódulos carbonáticos, de arena muy fina y arcillosos. En general se presenta en bancos tabulares, homogéneos y friables, aunque en los niveles superiores se reconocen desdibujadamente estructuras tractivas como estratificación cruzada en artesa. Es notable la presencia de bioturbación así como la intercalación de niveles de paleosuelos. (Foto 1)

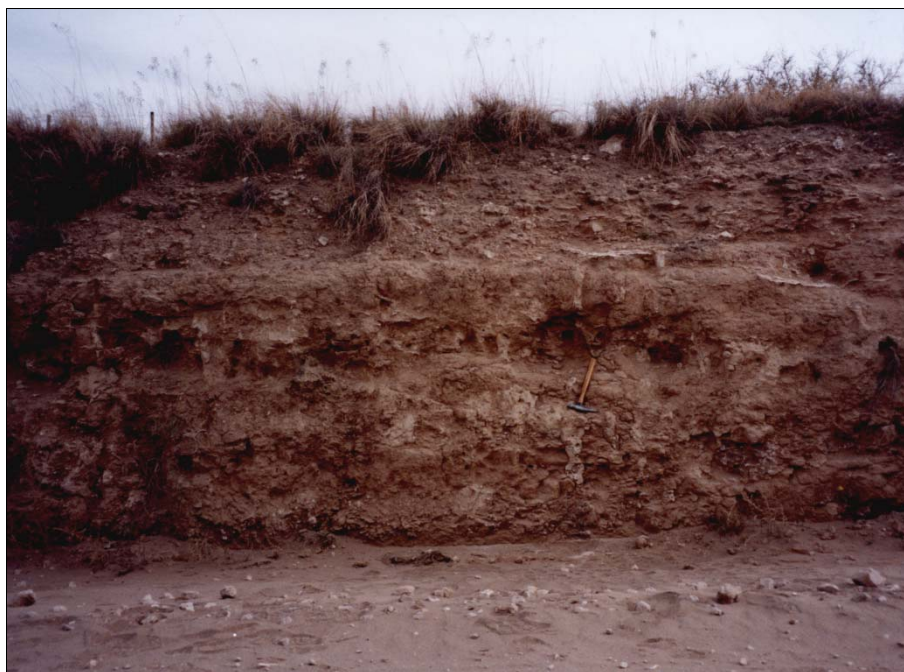


Foto 1: Nivel superior de la Formación Cerro Azul en el valle Maracó Grande, nótese estratificación cruzada en artesa.

El cerro Azul, que le da nombre a esta formación se encuentra en el sector NO de la Hoja, sin embargo no representa la localidad tipo debido a la gran cobertura por derrubio y vegetación que impide una buena exposición del material que lo compone, es por ello que Visconti *et al.* (2010) propusieron como localidad tipo a los afloramientos situados al oeste de Algarrobo de Águila, sobre la ruta provincial 10 (36°20'S y 67°15'O), localidad que se encuentra al norte fuera de los límites de la Hoja.

En base al análisis estratigráfico e integral de esta unidad en varias localidades de la provincia de La Pampa, Goin *et al.* (2000) reconocieron tres asociaciones de facies sedimentarias (Fig. 6), que de base a techo presentan las siguientes características:

- Asociación de facies A: Constituída por arcillitas y limolitas, dispuestas en finas capas con laminación paralela y areniscas

finas con estructuras tractivas unidireccionales, presenta evidencias de bioturbación. Se interpretó como un ambiente lacustre somero con alternancia de exposiciones subaéreas, sobre el que actuaron procesos pedogénicos.

- Asociación de facies B: Compuesta por una sucesión de limolitas areno arcillosas, en las que se intercalan areniscas arcillo limosas tipo loess, con una difusa estratificación y evidencias de paleosuelos hacia el techo. Abundante presencia de concreciones calcáreas. Se interpretó como una asociación propia de un ambiente eólico sobre las que actuaron procesos diagenéticos y pedogenéticos.

- Asociación de facies C: Conformada por conglomerados en la base a los que le siguen areniscas con estratificación cruzada en artesa que pasa a tabular planar. El ambiente de esta asociación se interpretó como fluvial de escasa magnitud.

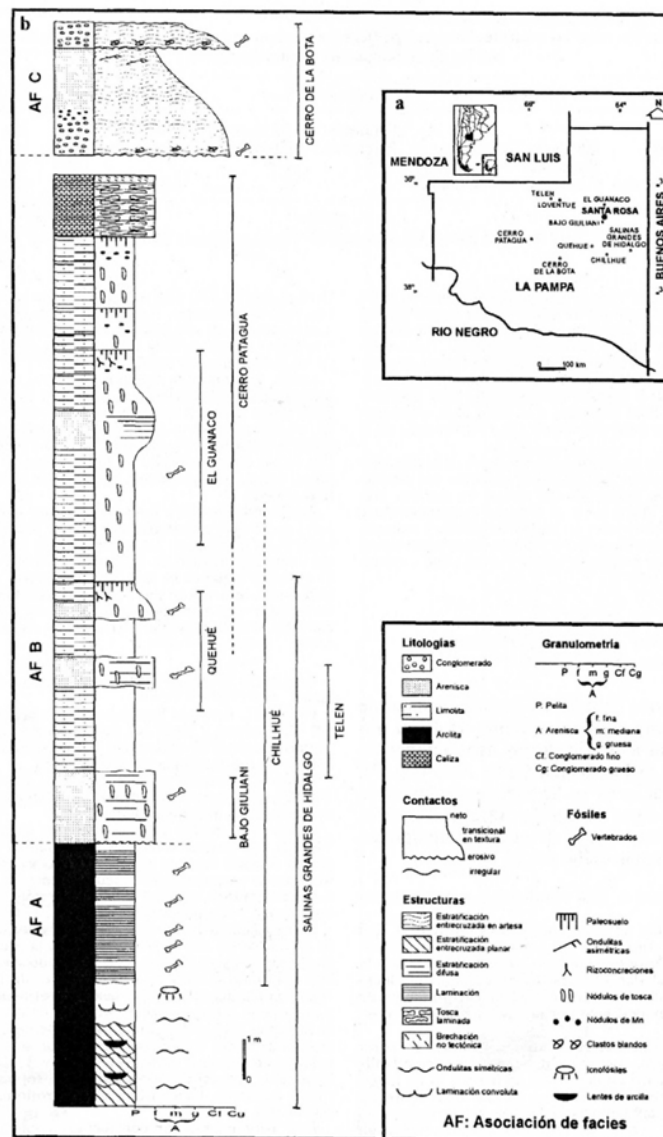


Figura 6: Perfil integrado de las asociaciones de facies de la Formación Cerro Azul (Tomado de Goin *et al.* 2000)

Las exposiciones de esta unidad dentro de los límites de la Hoja son pobres y de poco espesor al estar cubierta por calcretes, arenas eólicas y/o vegetación. Las mejores exposiciones se dan en los cortes naturales de los valles sobre planicies estructurales y en los artificiales de los caminos que la cortan. La mayoría de los perfiles observados durante el levantamiento de la Hoja pueden asimilarse con la asociación de facies B de Goin *et al.* (2000).

Los sedimentos loessicos que constituyen la Formación Cerro Azul fueron caracterizados por Visconti (2007) como desarrollados en un ambiente mayoritariamente eólico con intercalación de paleosuelos, infiriendo que el aporte de

los mismos sería mayoritariamente de los andes por el reconocimiento de abundantes partículas de vidrio volcánico y fragmentos líticos en más de un 50%. La presencia minoritaria de fragmentos líticos metamórficos sería evidencia de un aporte subordinado del bloque de la Pampa Central sobre el que yace esta formación en este sector de La Pampa.

En el cerro Patagua, en el corte de la ruta provincial 15, se exponen 4m de limos arenosos color castaño, donde se aprecia una difusa estratificación canalizada en artesa con una magnitud del orden de los 30 a 40cm, aunque que en algunos casos llega a los 3 o 4m, presenta también abundantes concreciones de arena muy fina, muy compactas



cementadas con carbonato, muchas elongados en sentido vertical, otras arriñonadas e irregulares todo remata en un calcrete de aproximadamente 2m de

potencia, una exposición semejante se presenta algo más al norte en el corte de la ruta 13 en el Cerro el 5 o Los Baguales. (Foto 2).



Foto 2: Formación Cerro Azul, corte de los niveles superiores sobre ruta provincial 15

En el cerro Bayo, en una cantera de vialidad, se observa un corte de 3m de características muy semejantes a lo observado en el cerro Patagua, donde se aprecian limos arenosos color castaño, groseramente estratificados que engloban abundantes muñecos o concreciones de arena fina muy compactos, cementadas por carbonato, de formas y tamaños variados, suelen alcanzar hasta 40cm siendo elongados en sentido vertical y otros tienen forma arriñonada.

En el cerro El Tigre, situado próximo a la sierra Chata, 2000m al este del establecimiento Las Casillas, afloran 10m de limos castaños que presentan abundantes nódulos arriñonados de areniscas tobáceas color grisáceo, más friables que las observadas en otras localidades como el cerro Patagua, hay evidencias de paleosuelos, el conjunto está groseramente estratificado y se insinúan estructuras canalizadas de hasta 2m de ancho. Todo remata con un calcrete de aproximadamente 1m de potencia.

En el sector SE de la Hoja, en un corte de la ruta 11 sobre la Formación

Cerro Azul se aprecian 3m de limos arenosos color castaño, muy friables con indicios de bioturbación y una difusa estratificación canalizada; hay presencia de nódulos o concreciones de arena fina, de forma muy irregular y de tamaños variables no mayores de 30cm, algunos muy compactos cementados por carbonato, otros muy friables que parecieran ser el relleno de madrigueras o pequeñas cuevas. Todo remata en un calcrete de 1,5m de potencia.

Hacia el centro oeste de la Hoja los asomos de esta formación van disminuyendo gradualmente, conformando una planicie levemente ondulada bajo una cobertura de arenas eólicas de variable espesor, y solo se hace evidente su presencia en pequeños y superficiales asomos en los cortes de caminos o tajamares.

#### Edad

Inicialmente la Formación Cerro Azul fue asignada por Linares *et al.* (1980) al Plioceno, aunque estos autores aclaran que hasta ese momento, conforme al nivel

de conocimiento que se tenía de la misma, no fue posible definir con mayor detalle su ubicación cronológica.

Estudios posteriores entre los que se destacan los de Montalvo y Casadio (1988), Montalvo y Szelagowski (1999), Verzi *et al.* (1999), Montalvo *et al.* (1995, 1996, 1998) y Goin *et al.* (2000) permitieron asignar a esta unidad una edad mamífero Huayqueriense en base al hallazgo de abundantes restos paleontológicos pertenecientes a diferentes grupos de vertebrados, como anfibios, reptiles, marsupiales, xenartros, notoungulados, litopternos, roedores y carnívoros provenientes de varias localidades, muchas de las cuales se encuentran dentro de los límites de la Hoja, como las de valle de Quehué, cerro Patagua, cerro de la Bota, cerro Azul y General Acha. Estudios complementarios sobre estas asociaciones faunísticas permitieron asignar a los términos inferiores de la Formación Cerro Azul una edad mamífero Chasiyuense. (Verzi *et al.* 2008)

En consecuencia se acepta para esta unidad una edad mamífero Chasiyuense-Huayqueriense (Mioceno tardío), que comprende el lapso cronoestratigráfico entre los 10Ma y 6,8Ma (Cione *et al.* 2007).

## PLIOCENO INFERIOR - PLEISTOCENO

### Calcretes con cobertura eólica (14I, 14II) Calcarenitas

#### Antecedentes

Los calcretes constituyen esencialmente acumulaciones de carbonato cálcico, el estudio y reconocimiento de los mismos en la provincia de La Pampa se remonta a trabajos como los de Tapia (1939/40) y Vilela y Riggi (1956) quienes ya los reconocieron en la descripción de un amplio sector del centro de la provincia en el que se encuentra el área de la Hoja que se describe. Más recientemente se

destacan, entre otros, los trabajos de Vogt *et al.* (1999 y 2005), quienes esbozaron una posible explicación sobre la génesis de los calcretes del este pampeano, planteando que se habrían desarrollado en un ambiente palustre en donde el carbonato habría sido fijado por la actividad de cianobacterias. Lorenz y Sotorres (2001) hicieron un amplio estudio de los calcretes del centro este de La Pampa y sus implicancias climáticas. Lanzillotta (2006) caracterizó los calcretes de Valle Daza, al NE de la Hoja, asignándoles un origen pedogenético, igual conclusión tuvieron Etchevarría *et al.* (2009) y Etcheverría y Folguera (2014) quienes describieron y caracterizaron genéticamente los calcretes del SE de la provincia de La Pampa.

Existen diferentes posturas en cuanto a la génesis de este tipo de depósitos calcáreos, los mecanismos más aceptados son esencialmente dos:

a) *Per ascensum*

b) *Per descensum*

En el primer caso el carbonato sería aportado por las aguas freáticas, al contrario el *Per descensum* el agua se infiltra hacia abajo en el perfil edáfico, el carbonato y el calcio van en disolución, siendo el origen de estas sales muy variado (agua de lluvia, escorrentía, polvo eólico, restos de vegetación, etc.)

En concordancia con Lorenz y Sotorres (2001), Lanzillotta (2006) y Etcheverría y Folguera (2014) a los calcretes de este sector de La Pampa se los considera como de origen pedogenético, desarrollados sobre sedimentos bien drenados por encima de la freática.

Sobre la base de numerosas de observaciones, Esteban y Klappa (1983) definieron un perfil idealizado para un calcrete pedogenético, compuesto esencialmente por horizontes morfológicamente diferentes, con un grado de madurez que varía con la edad relativa de las geoformas. Machete (1985) describió seis estados o grados de madurez para este tipo de calcretes los que se sintetizan en la figura 7 modificada de Alonzo-Zarza (2003).

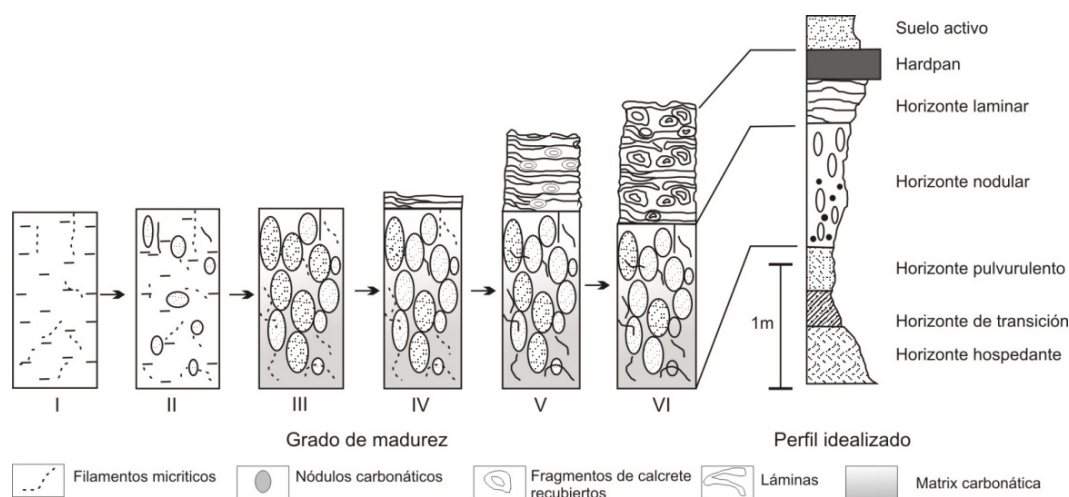


Figura 7: Perfil idealizado de un calcrete pedogénico y estadios de madurez (Modificado de Alonso-Zarza, 2003)

En el perfil idealizado, el horizonte hospedante es aquel que no presenta rasgos que indiquen que ha sufrido procesos edáficos, el de transición se generaría por desagregación del sustrato original por infiltración del agua durante los estadios iniciales de la formación de un suelo, el sector pulvurulento correspondería a una etapa más avanzada en la que el carbonato se acumula en forma discontinua con un tamaño fino sin consolidar, asociado a la presencia de raíces y microorganismos, el horizonte nodular lo componen nódulos de carbonato cálcico endurecido que se disponen dentro de una matriz menos carbonática. Finalmente mientras que progresa la evolución del perfil, la continua precipitación de carbonatos disminuye la porosidad del medio impidiendo la infiltración de agua hacia los niveles inferiores, obligando a las raíces de las plantas a extenderse lateralmente. La posterior calcificación bajo estas condiciones da lugar al horizonte laminar, culminando con un horizonte macizo o hardpan.

#### Distribución areal y litología

Dentro de los límites de la Hoja la distribución de los calcretes es muy amplia, se han reconocido dos niveles, I y II, ambos coronando a diferentes cotas a la Formación Cerro Azul.

El calcrete del nivel I se reconoce principalmente en el sector oriental de la

Hoja, coronando planicies estructurales disectadas, a una cota promedio de 350m, bajo una cobertura eólica de espesor variable que en algunos casos puede llegar al metro. Las mejores exposiciones están en el perímetro de dichas planicies y en los cortes de caminos a lo largo de los valles Argentino, Maracó Grande, Maracó Chico, Hucal y Daza y cerros testigos de ese nivel como el Patagua y Bagual situados más al occidente.

El calcrete del nivel II cubre una superficie labrada a una cota menor que el nivel I, por efecto de la erosión retrocedente hacia el NE de la escarpa producida por la incisión del río Chadileuvú, que atraviesa el territorio de la provincia en sentido NO-SE. Tiene una cota promedio de 270m las mejores exposiciones se vieron en los cerros Bayo y la Bota.

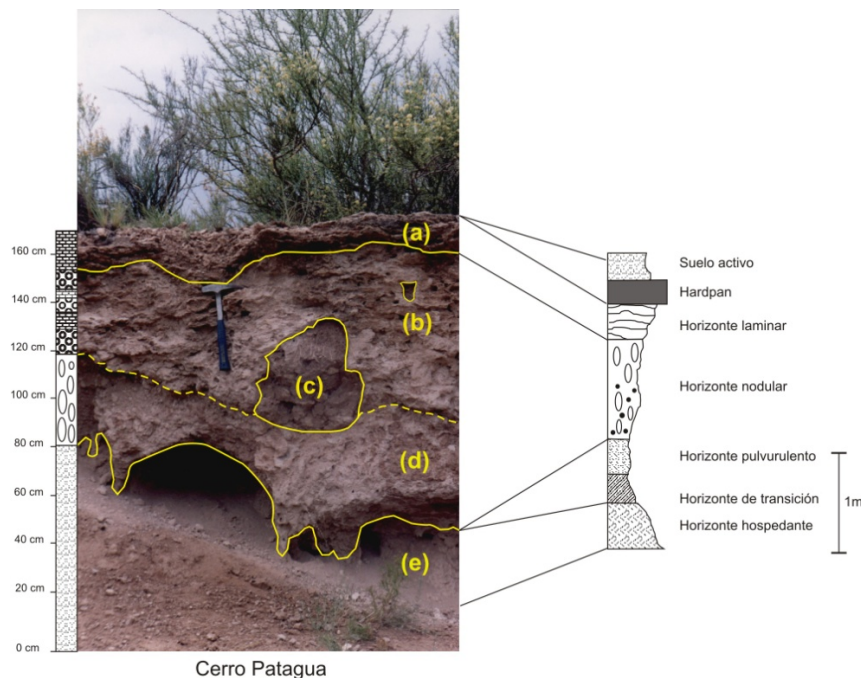
En el área estudiada los calcretes más desarrollados se corresponden con los del Nivel I y presentan en general un perfil constituido por un horizonte basal hospedador areno-limoso, grisáceo rosado, con presencia de carbonato pulvurulento al que le sigue un horizonte prismático transicional que contiene nódulos arenosos, calcificados, elongados principalmente en sentido vertical de hasta 40cm de longitud y 1 a 5cm de diámetro, que hacia arriba pasan a tener forma irregular, intercalándose lentes o láminas subhorizontales de carbonato de calcio de 1 a 10cm de potencia, culminando con un

horizonte macizo de caliza impura (hardpan) que puede llegar a tener 1m de espesor. En general las exposiciones del mismo son parciales y lateralmente presentan variaciones, su estado de maduración correspondería al IV o V de Machete (1985).

Las láminas y la duricostra superior (hardpan) se pueden clasificar como calizas impuras que engloban clastos de arena fina a mediana, limos y arcillas. Ocasionalmente pueden observarse clastos mayores de tamaño arena gruesa a grava fina. Presentan en general textura bandeada, pisolítica y oolítica. Las pisolitas con un

díámetro de 0,2 a 1cm poseen un núcleo lítico tamaño arena fina a mediana. Mineralógicamente al microscopio en las capas más compactas se observa la presencia de calcita, plagioclasas, piroxenos, cuarzo, sílice amorfa, vidrio volcánico, líticos y arcillas, también moldes de tejido radicular calcificado (Etcheverría y Folguera, 2014).

A continuación se describen los principales afloramientos correspondientes a los calcretes del Nivel I y su comparación con el perfil idealizado por Esteban y Klappa (1983).



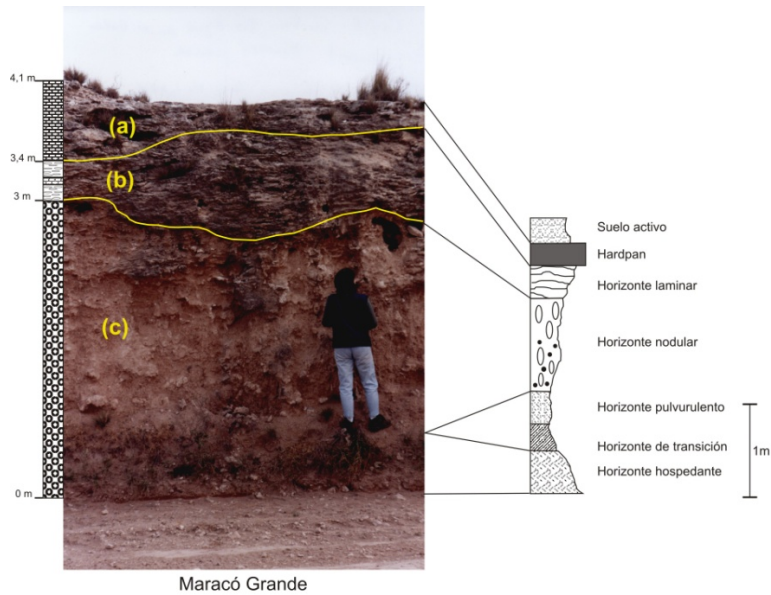
**(a)** Horizonte laminar, láminas compactas carbonatadas discontinuas con espesores de 2 a 5cm.

**(b)** Horizonte de transición nodular-laminar, alta bioturbación, compuesto por concreciones arenosas mayoritariamente irregulares y láminas onduladas cementadas por carbonato. Por sectores presenta material parental con menor bioturbación y carbonatización **(c)**.

**(d)** Horizonte de transición nodular, alta bioturbación, incluye concreciones arenosas mayoritariamente elongadas en sentido vertical.

**(e)** Formación Cerro Azul, horizonte de material parental, la erosión diferencial del mismo favorece el desarrollo de cavidades.

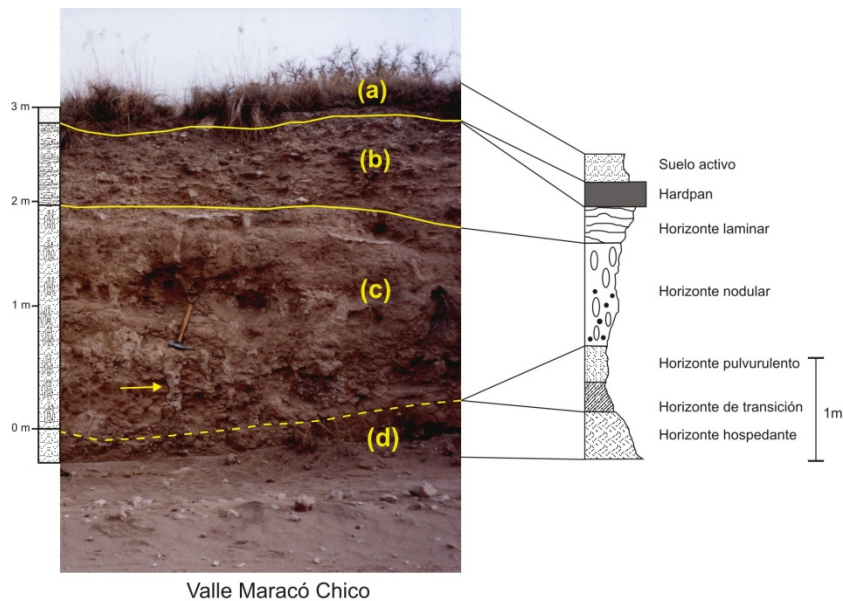




**(a)** Horizonte duripan o hardpan, compuesto por planchas calcareas muy compactas de 5 a 10cm de potencia, en parte amalgamadas. Espesor varía en entre 30 y 70cm.

**(b)** Horizonte laminar, compuesto por delgadas láminas carbonáticas de 1 a 5 cm de espesor.

**(c)** Horizonte de transición nodular, alta bioturbación, compuesto por concreciones arenosas mayoritariamente irregulares y en menor grado elongadas verticalmente cementadas por carbonato. Por sectores presenta material parental con menor bioturbación y carbonatización que por erosión diferencial forma cavidades.

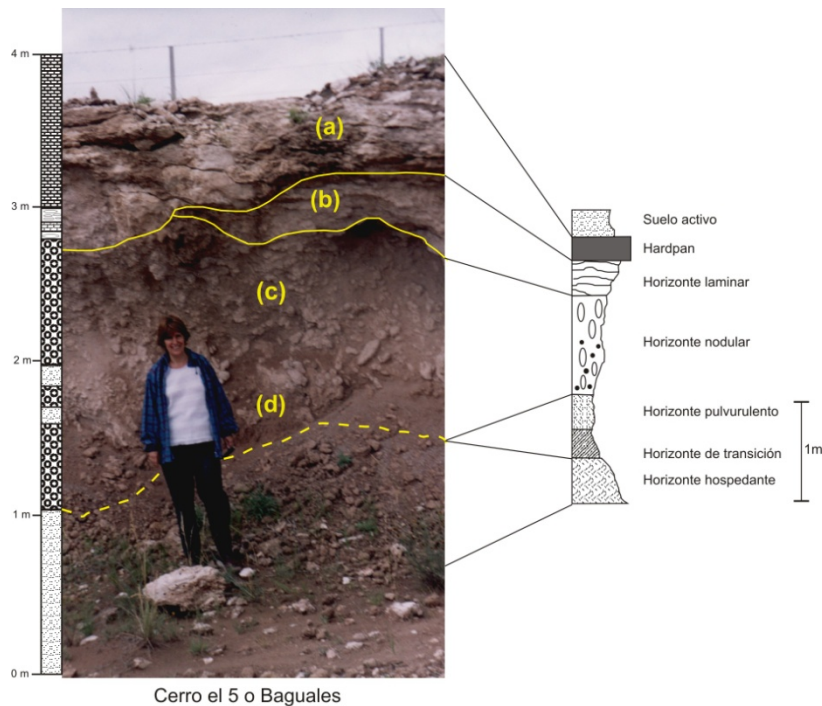


**(a)** Cobertura arenas eólicas

**(b)** Horizonte laminar, compuesto por delgadas láminas carbonáticas de 5 a 10 cm de espesor.

**(c)** Horizonte de transición nodular, alta bioturbación, compuesto por concreciones areno-limosas mayoritariamente elongadas verticalmente e irregulares en menor grado, cementadas por carbonato (\*). Por sectores presenta material parental con menor bioturbación y carbonatización, que aún preservan estructuras canalizadas, que por erosión diferencial forma cavidades.

**(d)** Formación Cerro Azul, horizonte de material parental.



Cerro el 5 o Baguales

(a) Horizonte duripan o "hardpan" compuesto por cuerpos tabulares, de base ondulada, calcreos muy compactos, de 20 a 40cm de potencia.

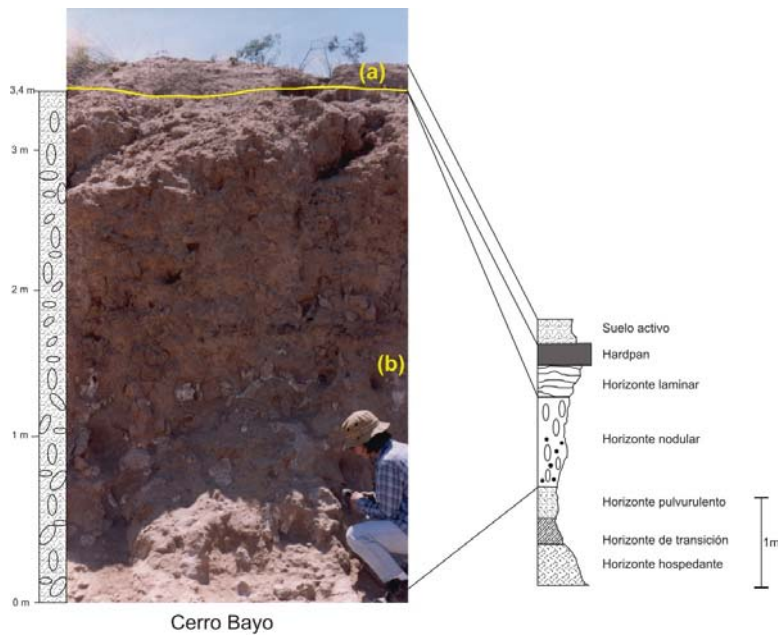
(b) Horizonte de transición laminar nodular, láminas horizontales compactas carbonatadas discontinuas con espesores de 5 a 7cm.

(c) Horizonte de transición nodular, alta bioturbación, compuesto por concreciones calcreo arenosas de 1 a 20cm mayoritariamente irregulares, en menor grado elongados verticales.

(d) Hacia la base por sectores presenta material parental con menor bioturbación y carbonatización.

Los calcretes del nivel II son similares a los del nivel I, careciendo en general del horizonte cuspidal duro o

hardpan y del laminar, con espesores en general menores, se correspondería con el grado II o III de maduración de Machete (1985).



**(a)** Cobertura arenas eólicas

**(b)** Horizonte de nodular, alta bioturbación, compuesto por concreciones arenosas mayoritariamente irregulares, en menor grado elongadas verticalmente y cementadas por carbonato.

Los calcretes atestiguan condiciones de cierta estabilidad tectónica y climática en lapsos relativamente prolongados en el tiempo. Sin embargo como consecuencia de las variaciones ambientales a lo largo del mismo no es fácil reconstruir las condiciones en las que se desarrollaron, pues la preservación de las propiedades del suelo han sido eliminadas en parte por diagénesis o erosión lo que dificulta definir el tiempo absoluto de su formación y las condiciones climáticas imperantes (Alonzo-Zarza 2003).

#### Edad

A los calcretes presentes entre las provincias de Buenos Aires y La Pampa, Lorenz (2002) los asignó al Pleistoceno tardío con una edad de 20.000 años. Por otra parte Vogt *et al.* (2002 y 2003) no están de acuerdo con la misma, consignando que la edad de los calcretes de La Pampa se puede situar después del final del Mioceno, ya que presentan una discordancia sobre la Formación Cerro Azul, y antes del Pleistoceno superior que forma el piso de los valles, señalando además que la presencia de formas criogénicas refuerza la hipótesis de una edad Plio-Pleistocena. Últimamente, Folguera y Zárate (2011) asignaron a los

Se ha estimado que el límite superior de la media anual de precipitaciones para la formación de un calcrete se ubica entre 600 y 1000mm/año (Mack and James, 1994), y el inferior para climas semiáridos en suelos que contienen óxidos de hierro, montmorillonita e illita, entre 100 y 500mm/año, características que se observan en los calcretes aquí reconocidos, por lo que se infiere se habrían formado bajo un clima semiárido a frío.

tres niveles de calcretes que reconocieron en el sector sudeste de La Pampa una edad mioceno tardío-plioceno.

En este trabajo no se dispone de mayores elementos que pudieran datar con certeza la edad de los calcretes reconocidos en el ámbito de la Hoja, tanto los calcretes del Nivel I como los del Nivel II yacen en discordancia sobre la Formación Cerro Azul, esto es un indicio que esta región ha sido afectada por variaciones del nivel de base ya sea por cambios climáticos y/o tectónicos, lo que permitió la alternancia de períodos de estabilidad con el consecuente desarrollo de suelos y calcretes. Estos elementos solo permiten asignar al calcrete del Nivel I una edad

máxima mioceno tardía y para el calcrete del Nivel II una edad máxima plioceno superior estimándose como edad probable para el desarrollo de los mismos Plioceno inferior-Pleistoceno.

#### CUATERNARIO

##### PLEISTOCENO – HOLOCENO

Sedimentos fluviolacustres del río Chadilevú (15)

Limos arenosos, limos arcillosos, arenas limosas, arcillas

##### Antecedentes

La existencia de estos sedimentos fueron citados por primera vez por Cannelle (1950) al describir las condiciones hidrogeológicas de la cuenca del río Atuel - Salado o Chadilevú como "Formación Fluvio Palustre Lacustre", años después Vilela y Riggi (1956) describieron los estos mismos sedimentos a lo largo de las márgenes del río Chadileuvú entre Santa Isabel y Puelches , asignándolos al piso Platense por considerar que presentan características similares al denominado Platense lacustre o Platense inferior o "Post Pampeano Lacustre" de Ameghino, que fuera descripto en la provincia de Buenos Aires. En la vecina Hoja La Reforma Melchor y Casadío (2000) los reconocieron bajo el nombre de "Depósitos aluviales del río Chadileuvú y de los arroyos Puelén y Potrol". En este trabajo se optó denominarlos informalmente con el nombre del epígrafe.

##### Litología

Esencialmente esta unidad está constituida por limos arenosos, limos arcillosos, arenas limosas y arcillas, también fueron descriptos clastos redondeados de pumita (Melchor y Casadío, 2000)

##### Distribución areal

Estos sedimentos afloran en el sector sudoeste de la Hoja a lo largo de ambas márgenes del valle aluvial del río Chadileuvú y de los bañados y lagunas

integradas al mismo, como las lagunas La Leona y Brava.

Al sudoeste de la Hoja, unos 5km al norte del cerrito del 4, en la barranca derecha del río Salado, Vilela y Riggi (1956) describieron un perfil que comienza con un limo arenoso pardo claro, con tenues impregnaciones de óxido de hierro, levemente consolidado y sin estratificación, con restos de *Littorinida*, *Planorbis* y *Limnaea*; continúa un limo arcilloso pardo claro, con tenues impregnaciones de hidróxido de hierro, con un espesor de 5cm; luego 0,30 a 0,40m de arena limosa parda, disgregable; 0,20 a 0,30m de un limo arcilloso gris verdoso muy claro, friable y con gran cantidad de *Littorinida* y *Planorbis*; 0,25 a 0,35 m de limo arenoso pardo claro friable muy sulfatado (20%), culminando con arena pardo grisácea algo sulfatada de base no visible.

Sobre la margen derecha del río Chadileuvú, en las coordenadas 37°57'48" y 65°54'24", esta unidad presenta de abajo hacia arriba: 0,25m visibles de arenas medianas a finas de color pardo (no se ve la base), 0,30m de arcillas de color pardo verdoso claro con abundantes restos de gasterópodos de *Biomphalaria* sp de menos de 1cm y 0,35m de limos arcillosos pardo claro con eflorescencias salinas y con desarrollo de suelos salinos.

Hay una amplia coincidencia en todos los investigadores que trabajaron en la zona, en considerar que las condiciones ambientales en las que se depositaron estos sedimentos se corresponden con esteros fluviales o lagunas de aguas poco profundas.

##### Contenido paleontológico

Vilela y Riggi (1953, 1956) reconocieron varios géneros de diatomeas (*Hyalodiscus*, *Campylodiscus*, *Epithemia*, *Denticula*, *Navicula*, *Surirella*, *Nitzschia*, *Caloucis* y *Cyclotella*), siliciflagelados, espículas de esponjas, células de gramíneas, más recientemente Melchor y Casadío (2000) reportaron el hallazgo de restos vegetales posiblemente de gramíneas e icnofacies como *Skolithos* isp., excavaciones de vertebrados y rizolitos. En



los perfiles levantados en este trabajo se ha reconocido la presencia de gasterópodos del género *Biomphalaria* sp.

#### Edad

Inicialmente Vilela y Riggi (1956) asignaron esta unidad al Holoceno. Igual criterio tuvieron Melchor y Casadío (2000) En este trabajo consideramos que edad la de estos sedimentos podía ser coincidente con el inicio del último interglaciario, Pleistoceno superior-Holoceno inferior.

#### Formación Meaucó (16)

##### Arenas

##### Antecedentes

Fue Giai (1975) quien designó informalmente como Formación Meaucó a los extensos mantos de arena que cubren gran parte del sector central y oriental de la Hoja y a los cordones arenosos que se encuentran encausados en la mayoría de los valles.

Anteriormente, Groeber y Tapia (1933) y Tapia (1935, 1937) designaron bajo la denominación de “Médano invasor” al manto prácticamente continuo de sedimentos eólicos que cubren gran parte de la llanura pampeana.

Cannelle (1950), los describió entre Telén y el valle del río Salado-Chadileuvú, denominándolos “Médanos fluvio-eólicos” posteriormente Vilela y Riggi (1953) los reconocieron y describieron granulométrica y composicionalmente en

la descripción geológica de la Hojas 31h, Sierra de Lihuel Calel y 31i, Sierra Chica, del primitivo programa de levantamiento de hojas del Servicio Geológico.

Tullio (1981) mantuvo la denominación original de Giai (1975) y definió como área tipo las acumulaciones del valle de Meaucó, Melchor y Llambías (2000) usaron igual denominación para referirse a los extensos mantos de arena modernos de la Hoja Santa Isabel, mientras que Melchor y Casadío (2000) en la vecina Hoja La Reforma, los nominaron informalmente como “Depósitos eólicos”.

##### Distribución areal

En el ámbito de la Hoja General Acha su mayor desarrollo se da al este del valle aluvial del río Salado o Chadileuvú, donde grandes cantidades de arena sin una morfología determinada, se extienden formando un manto que aquí definimos como “*montones de arena*” (16a en el mapa) cubriendo formaciones rocosas del basamento y de la Formación Cerro Azul, las que ocasionalmente asoman como cerros testigo. Hacia el norte y oriente de la Hoja estos depósitos cambian su morfología por dunas tipo barjanes, longitudinales y parabólicas y se extienden en forma de *dedos de guante* (16b en el mapa) por la parte central de los valles pampeanos transversales, donde se acumula alcanzando una potencia que oscila entre 3 y 10 metros sobre el nivel topográfico. (Fotos 3a y 3b)



Foto 3a: “Montones de arena” al oeste de la Hoja



Foto 3b: Dunas tipo barjanoides al NO de la Hoja

Es evidente la presencia de mayor cantidad de arena en el flanco sur de los

valles la que, por la dirección predominante de los vientos (SO-NE),

constituye la cara de acumulación. Muchos de estos depósitos están fijados por vegetación, observándose muchos activos.

Al SO de la Hoja, en el valle del río Chadileuvú, también se reconoció su presencia conformando potentes acumulaciones que cubren los sedimentos aluviales y fluvio-lacustres.

#### Litología

Mineralógicamente la composición de la arena eólica, según Visconti (1986), incluye plagioclasa cálcica (31%), ortosa (22%), vidrio volcánico (15%), cuarzo de origen volcánico (8%), además de minerales pesados de rocas eruptivas básicas. Los granos están poco o medianamente redondeados, destacándose la fuerte alteración de la ortosa, en tanto que las plagioclasas están sanas.

Szelagowski (2003), realizó estudios de tres sectores medanosos de la provincia de La Pampa a fin de establecer la procedencia de los depósitos. Al respecto, los análisis mineralógicos permitieron determinar que existiría un aporte mixto de materiales, uno distal correspondiente al sistema fluvial del Bermejo-Desaguadero-Salado-Curacó, y otro local referido a los afloramientos rocosos del basamento ígneo metamórfico de la región.

Según Iriondo y Kröhling (1996), quienes denominaron estos depósitos como “*Mar de Arena Pampeano*”, la granometría es muy homogénea, entre arena muy fina y limo. Asimismo las direcciones de los paleomédanos sugiere que los sedimentos provienen principalmente de la Precordillera y Cordillera Cuyana y en forma subordinada de las Sierras Pampeanas, y además de las lluvias de cenizas, los mismos fueron transportados por las aguas de deshielo hacia el sur a lo largo del sistema del Desaguadero y luego deflacionados desde la planicie aluvial del mismo en dirección NNE durante el clima seco. La alternancia de climas cálido-húmedos y frío-secos ha producido varios episodios de remoción parcial de sedimentos, intercaladas con

fases de pedogénesis, al respecto Gai (1975) y Gai y Tullio (1998) reconocieron capas arcillosas discontinuas intercaladas en la sucesión arenosa, que interpretaron podrían ser el registro de episodios lagunares ocurridos bajo condiciones climáticas más húmedas. Sobre esta hipótesis trabajaron también Gai *et al.* (2008) proponiendo que esta alternancia climática, árido seco - cálido húmedo, se vincule con épocas glaciares e interglaciares que se dieron a partir del Pleistoceno tardío.

#### Edad

Cannelle (1950), indicó que la edad de estas arenas es posterior a la sedimentación de las arenas y limos del río Chadileuvú, llegando hasta la actualidad. Por su parte, Melchor y Casadío (2000) consideraron que la unidad incluye depósitos holocenos antiguos *fosilizados* y médanos actuales móviles y parcialmente vegetados, posición compartida por los autores.

Depósitos que cubren superficies pedimentadas (17)

(Formación Valle de Maracó)

Arenas grises, lentes de gravas de tosquillas

#### Antecedentes

Estos depósitos fueron nominados por Tullio y Martínez (1979) como Formación Valle de Maracó para designar a los sedimentos adosados a los flancos laterales de los valles y a las depresiones labradas sobre la Formación Cerro Azul. Se consideran equivalentes a la Formación Puesto Alí (Espejo y Silva Nieto, 1986) y a los denominados “Depósitos que cubren superficies pedimentadas” (Espejo y Silva Nieto, 2007) definidas para las hojas Puelches y Gobernador Duval respectivamente.

#### Litología

Estos sedimentos cubren superficies pedimentadas y fueron originados por un proceso de erosión retrocedente principalmente de los flancos

de los valles. Están compuestos por arenas grises y castañas con lentes de gravas de tosquillas. El material descripto constituye en ocasiones relictos no funcionales, aunque en la mayoría de los casos es material en tránsito. Aquellas superficies pedimentadas que están cubiertas por depósitos no funcionales de la formación que se describe, se definen como pedimentos encubiertos o cancelados (Fidalgo, 1963).

Estos depósitos tienen la característica general de ser poco potentes e inconsolidados y suelen estar disectados por cañadones, su espesor varía entre 3 a 4m en su porción más próxima a la escarpa y escasos centímetros en su parte distal, donde se confunden con sedimentos eólicos o aluviales.

#### Distribución areal

Esta unidad se encuentra bien representada, bordeando las planicies estructurales constituidas por la Formación Cerro Azul y los calcretes que la cubren, con especial desarrollo en el sector oriental adosada a los flancos de los valles de Hucal, Maracó Grande, Maracó Chico, Argentino y Quehué. En la zona de transición entre el valle de Maracó Chico y el Valle Argentino el proceso de pedimentación está más avanzado, ascendiéndose la pendiente norte del valle de Maracó Chico por una serie de lomadas, lo que se repite entre el Valle Argentino y el valle de Quehué.

#### Edad

El desarrollo de los pedimentos y los depósitos que los cubren es posterior a la incisión de los valles transversales acontecida a posteriori del Mioceno tardío y del desarrollo del calcrete del Nivel I, estimándose que el proceso podría haber comenzado hacia el Plioceno como máximo, alcanzando mayor desarrollo durante el Pleistoceno extendiéndose hasta el presente ya que es un proceso activo que se continúa hasta la actualidad.

#### HOLOCENO

##### Depósitos coluviales indiferenciados (18)

Arenas finas, limos, limoarcillas

Esta unidad está constituida por sedimentos inconsolidados de arenas finas, limos y limo-arcillas; si bien son comunes en todo el ámbito de la Hoja, se desarrollan con rango mapeable en los taludes que circundan los bajos y las mayores alturas situadas en el sudoeste de la Hoja, como las sierras de Lihué Calel, Chata y Chica.

##### Depósitos aluviales (19)

Arenas gruesas a finas, arenas limosas, limos, arcillas, gravas

Esta unidad incluye los depósitos fluviales producto de la sedimentación actual del río Chadileuvú constituyendo su planicie de inundación, si bien el manejo del río Salado aguas arriba determina que transcurran largos períodos en los cuales se mantiene el cauce seco y sin aporte de materiales. Mayoritariamente son sedimentos de granulometría fina: arenas, limos y arcillas de color pardo, arenas gruesas y también gravas (predominantemente de naturaleza basáltica) aunque netamente subordinadas como barras gravosas laterales de tipo longitudinal, de carácter netamente alóctono.

Al este de la sierra Chata se reconocieron arcillas rojas muy plásticas que acompañan el curso del Chadileuvú y que podrían corresponder a una antigua planicie aluvial o a un área de esteros o lagunas conectadas al río, constituyendo un brazo que se extendía en dirección al salitral Levalle.

##### Depósitos finos de bajos y lagunas (20)

Arenas finas, limos arenosos, arcillas, evaporitas

Son depósitos de granulometría fina que corresponden a materiales clásticos de fracción arena fina, limo arenosa y arcillosa con alto contenido de carbonatos y cloruros de sodio (halita y yeso), que conforman el piso de las

depresiones, como el salitral Levalle y otras menores que constituyen un rasgo común en la Hoja. Al actuar este material fino como fondo impermeable, el agua de lluvia es retenida originando salinas o cuerpos de agua.

En el salitral Levalle la playa y el piso están constituidos por sedimentos arcillosos negros, fétidos y yesosos. Sobre la playa suelen verse montones de arena muy fina proveniente de las laderas del bajo, que constituyen verdaderas “dunas salinas” (Foto 20).

## ESTRUCTURA

Los rasgos estructurales del área cubierta por la Hoja son difíciles de determinar debido a la gran cubierta de sedimentos eólicos y vegetación que los enmascaran, sumado a la falta de relaciones claras entre las diferentes unidades rocosas. Sin embargo se pueden inferir por observaciones directas sobre la morfología del paisaje y los reducidos afloramientos, así como también indirectamente por fotografías aéreas, satelitales e interpretación de datos geofísicos.

### Estructura del basamento

En líneas generales en la mayor parte de la Hoja General Acha coexisten las características de dos provincias geológicas, Bloque Chadileuvú (Llambías y Caminos, 1987) y el Bloque de La Pampa Central (Folguera y Zárate, 2009).

El bloque de Chadileuvú inicialmente fue definido como Zócalo de las Mahuidas por Ramos y Cortés (1984), posteriormente Ramos (1999) le dio entidad como provincia geológica. Históricamente se asoció a esta región con la provincia geológica de las Sierras Pampeanas, pero bajo el criterio de que la misma no estuvo sometida con la misma intensidad a los importantes levantamientos andícos que sufrieron las Sierra Pampeanas durante el Neógeno y el Cuaternario. Este último autor le dio entidad propia separándola de ellas

enfaticando el carácter rígido que tuvo la región desde el neopaleozoico.

El Bloque de La Pampa Central, fue propuesto por Folguera y Zárate (2009), ubicándolo al norte del Bloque de Chadileuvú y separándolo de éste con un límite transicional, en el que está ubicada la Hoja que se describe, extendiéndose hacia el norte hasta aproximadamente la sierra de Lonco Vaca que se corresponde con el alto estructural de Rancúl definido por Kostadinoff *et al.* (2001). Los criterios utilizados por Folguera Telichevsky (2011) para definir este bloque se basan en rasgos estratigráficos, geomorfológicos y estructurales distintivos que permiten separarlo por el norte de la llanura Chaco-Pampeana por la ausencia de registros de la ingresión marina Paranaense, y por la existencia de una importante cubierta de sedimentitas del Mioceno tardío (Formación Cerro Azul) que conforman una planicie estructural que no se observa en el Bloque de Chadileuvú por el sur.

En el ámbito de la Hoja, el basamento de estos bloques se va hundiendo progresivamente hacia el sur hasta la latitud de la sierra Chica. Asimismo se profundiza hacia el este en la zona del Valle Argentino, favorecido por un escalonamiento poco pronunciado provocado por fallas probablemente tensionales (Terraza *et al.*, 1981; de Elorriaga, 1997), transversales al valle. Por medio de sondeos eléctricos verticales realizados entre el paraje El Carancho y General Acha se estableció que la profundidad del basamento varía entre 338m al este (General Acha) y 80m en el oeste (El Carancho). Al respecto, Folguera (2011) coincide en que los bloques del basamento están basculados hacia el este con pocos metros de rechazo, señalando que fue por efecto de la subducción subhorizontal definida para el Mioceno tardío en estas latitudes.

Mediante la aplicación de métodos geofísicos aeromagnéticos, Chernicoff y Zappettini (2003a, 2003b, 2004), pudieron identificar megaestructuras, fallas, corrimientos y suturas que separan diferentes terrenos que conforman el



basamento de la región centro austral de la Argentina. En base a esta interpretación, el área cubierta por la Hoja General Acha, está surcada en el sector SO de la Hoja por la sutura Cuyania-Pampia con un rumbo NO-SE, y por la sutura Pampia-Cratón del Río de la Plata que corre con un rumbo NE-

SO por el sector centro oriental, de manera que el basamento de esta comarca se compone por la porción meridional del terreno Pampia, la occidental del Cratón del Río de la Plata y por un pequeño segmento del extremo sur del terreno Cuyania (Fig.8).

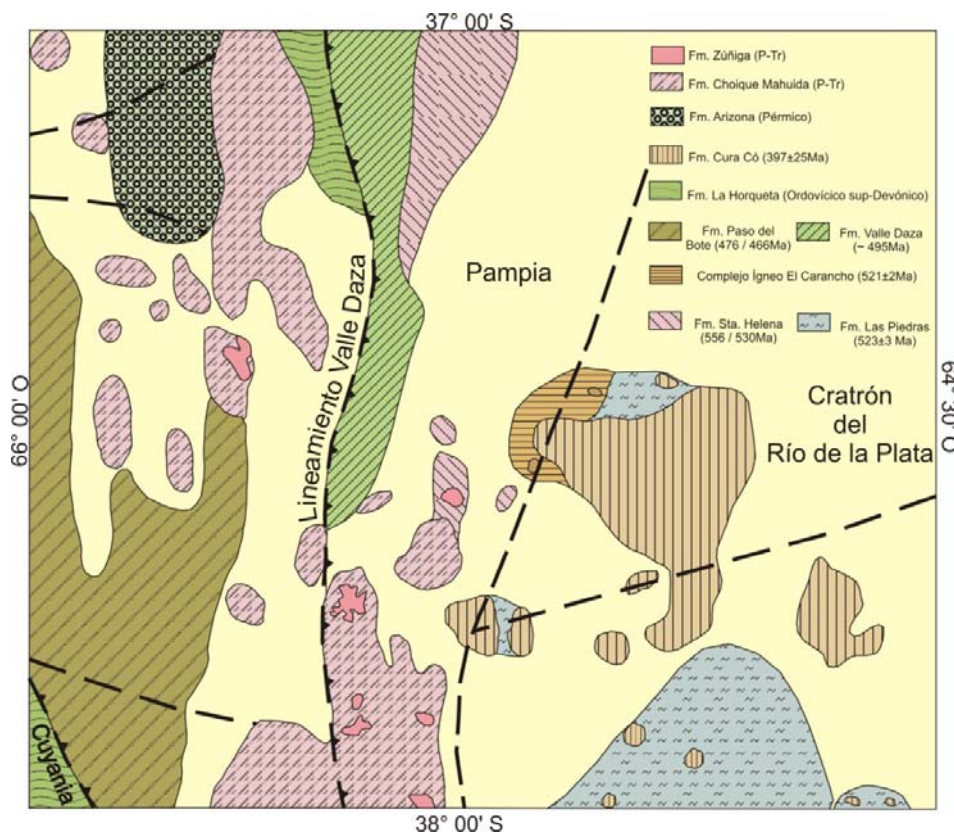


Figura 8: Mapa geológico del basamento premesozoico de la Hoja General Acha

El terreno Pampia comprende metasedimentitas neoproterozoicas y cambro-ordovícicas, aflorantes y subaflorantes, que constituyen la caja del sistema arco-retroarco famatiniano en la provincia de La Pampa. Los Esquistos Santa Helena comprenden las metasedimentitas neoproterozoicas, los Esquistos Green, reconocidos al norte fuera la Hoja, corresponden a metasedimentitas cambro-ordovícicas.

Al norte de la Hoja también yaciendo en el terreno Pampia, ha sido identificado un corrimiento de orientación meridiana y vergencia hacia el oeste que limita una faja submeridiana de metagabros ordovícicos metamorfizados en facies anfibolita y esquistos verdes,

designadas Formación Valle Daza e interpretadas como parte del retroarco magmático famatiniano, de incipiente desarrollo en esta región (Chernicoff *et al.*, 2005, 2008e, 2009b; Zappettini *et al.*, 2005), que sería coincidente con la falla descrita por Tapia (1930) que se extiende desde el sur de San Luis hasta Chacharramendi y con el lineamiento Valle Daza (Folguera Telichevsky, 2011).

En el sector O-SO de la Hoja del lado oriental de la sutura Cuyania-Pampia ha sido reconocida una faja submeridiana de rocas metaígneas ordovícicas, limitada por un corrimiento con vergencia hacia el oeste, que afloran en el Paso del Bote, al norte de la laguna Urre Lauquen en la vecina Hoja Puelches (Espejo y Silva Nieto

1985 y 1996), pero tienen continuidad en el subsuelo de ese sector de la Hoja (Chernicoff *et al.*, 2008d, 2009). Esta estructura sería coincidente con el lineamiento Santa Isabel descrito por Folguera Telichevsky (2011) que se extiende evidenciado por un gran resalto por el borde oriental del valle del río Salado-Chadileuvú-Curacó.

Al Cratón del Río de la Plata, que se reconoce en el sector oriental de la Hoja, lo componen esquistos micáceos y filitas, con una esquistosidad dominante NO-SE, donde se exponen pequeños y dispersos afloramientos.

Mediante mínimos gravimétricos Kostadinoff *et al.* (2001) ubicaron en la zona de Quehué una estructura caracterizada por mínimos gravimétricos y altos gradientes laterales, que indican la presencia de importantes fallas de alto ángulo. Esta estructura se extiende por el este de La Pampa con un rumbo NO-SE (330°) con un ancho de aproximadamente 15km y por más de 250km. Con estos elementos definieron la cuenca de Quehué, asimilándola a una cuenca de rift intracratónica rellena con una pila sedimentaria cuyo espesor varía entre 689 y 2910m (de Elorriaga *et al.*, 2013). La edad de esta cuenca sería triásica o cretácica, en función de la vecindad con la cuenca de Macachín ubicada al este, que posee elementos de esa edad, y debido a la presencia de sedimentitas cretácicas

próximas a esta estructura descritas por Casadío *et al.* (2000) al SE de La Pampa. Un dato interesante es el hallazgo en el NE de la Hoja Puelches y SE de General Acha, de basaltos subalcalinos que estarían vinculados a la apertura del rift de Quehué en tiempos cretácicos (Silva Nieto *et al.*, 2014). Esta cuenca se habría desarrollado a favor de la sutura entre los terrenos Pampia y el Cratón del Río de la Plata (de Elorriaga *et al.*, 2013). Un segmento de esta cuenca se reconoce en el sector oriental de la Hoja, al este de General Acha y de la estancia La Magdalena.

Algunas de las estructuras descritas para el basamento, si bien están enmascaradas ya sea por las sedimentitas miocenas o por sedimentos eólicos se pueden hacer evidentes en superficie por las diferencias de cota entre los diferentes afloramientos del basamento ígneo-metamórfico por efecto de acomodamiento de los bloques que lo componen y/o por el reflejo de estructura en las Formación Cerro Azul por efecto de la tectónica neógena, al respecto Folguera Telichevsky (2011) hizo un detallado estudio vinculado a esa deformación.

Es así que el lineamiento que define la cuenca de Quehué tiene una sutil expresión superficial controlando el drenaje de algunos tributarios de los valles de Quehué, Maracó Chico, Utracán-Gral Acha (Argentino), Kostadinoff *et al.* (2001). (Fig.9).

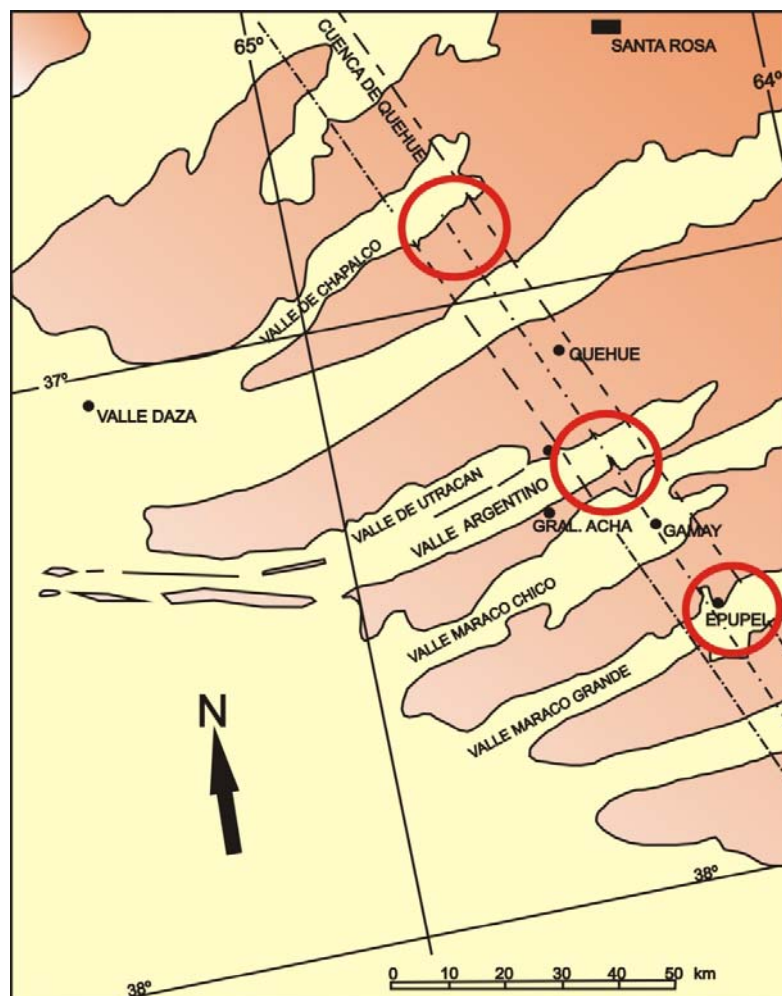


Figura 9: Expresión geomorfológica de la cuenca de Quehue, representada por el control estructural del drenaje de algunos tributarios de los valles pampeanos. (Modificado de Kostadinoff *et al.* 2001)

Al oeste de la Hoja entre el valle del Chadileuvú y el lineamiento Valle Daza, se ha reconocido un lineamiento de menor orden, aproximadamente 30km al oeste del cruce de la ruta nacional 152 con la provincial 24, donde se infiere por un importante resalto que limita al este con un bloque alto peneplanizado, conformado principalmente por granitos de textura gruesa, en parte pegmatítica (Formación Curacó) que en sectores puede presentar una delgada cobertura, remanente de erosión, de sedimentitas de la Formación Cerro Azul. Este bloque está mayormente cubierto por su propio regolito y/o por sedimentos eólicos. Por el oeste limita con un bloque bajo, que presenta zonas deprimidas muy planas con una importante cobertura eólica donde ya no hay indicios de afloramientos de rocas del basamento, las que progresivamente se van hundiendo en profundidad hacia el valle del río

Chadileuvú. Hacia el NNO la traza de este lineamiento es coincidente con los afloramientos que exponen el bloque alto en loma Redonda, loma Alta, cerro Azul y cerro Bayo. Hacia el SSE el bloque se hunde progresivamente y se infiere por el alineamiento de una serie de bajos, como el Bajo del 10, el Bajo de La Asturiana y otros menores sin nombre, culminando en la sierra Chica, en un lineamiento de rumbo NE-SO que condiciona el emplazamiento del salitral Levalle y limita por el norte al bloque de Lihué Calel, este último constituido fundamentalmente por bancos de ignimbritas riolíticas de la Formación Choique Mahuida, que tienen un rumbo aproximado NS e inclinan 20° a 25° hacia el oeste, las que están intensamente diaclasadas por dos sistemas dominantes: NO-SE y NE-SO, y un sistema menor EO.

## GEOMORFOLOGIA

Los rasgos geomorfológicos del área cubierta por la Hoja General Acha son el producto de la acción modeladora hídrica conjuntamente con la acción eólica condicionados por las características litológicas y estructurales de la región. Es posible distinguir áreas con características geomorfológicas distintivas:

### Planicie estructural disectada

Este paisaje se reconoce principalmente en las mitades norte y oriental de la Hoja. Su desarrollo se debe a la presencia del calcrete duro y resistente que cubre a las sedimentitas de la Formación Cerro Azul protegiéndolas de la erosión al ser estas últimas más friables. La planicie está levemente inclinada hacia el este, registrando en el borde más occidental cotas cercanas a los 380m, que disminuyen gradualmente hacia el este llegando a los 270/280m en el límite oriental de la Hoja. Una característica distintiva de esta planicie estructural es que está fuertemente disectada por una serie de valles transversales; los más importantes de norte a sur son: los valles de Quehué, Utracán, Argentino, Maracó Grande, Maracó Chicho y Hucal, que tienen una orientación NE los más septentrionales y EO a SO los más australes. Sus longitudes varían entre 80km y 100km, alcanzando profundidades de hasta 100m. Sus cabeceras están hacia el este y se ensanchan hacia el oeste; internamente se han reconocido hasta tres resaltos aterrasados, lo que es indicio de un paisaje policíclico.

El origen de los valles pampeanos siempre ha sido motivo de controversia. Muchos autores les atribuyeron un origen tectónico a partir de fallas o grabenes que serían coincidentes con la traza de los mismos (Stappenbeck, 1943; Cordini, 1950; Linares *et al.*, 1980). Otros, por el contrario, les asignaron un origen puramente erosivo (Tapia, 1930; Terraza *et al.*, 1981; Malagnino, 1988). Estudios geofísicos más recientes revelaron que no hay anomalías gravimétricas o magnetométricas coincidentes con la traza

de los valles (Kostadinoff *et al.*, 2001). Lo mismo muestran los relevamientos magnetométricos llevados a cabo por Chernicoff y Zappettini (2003) que demuestran que las estructuras mayores del basamento que subyace a esos valles son mayoritariamente NS. Silva Nieto *et al.* (2008) adhiriendo a la teoría de su origen mixto fluvial-eólico simplificaron la evolución de los valles pampeanos en tres etapas (Fig. 10), que a continuación se amplían:

Etapa A: A fines del Mioceno superior, con la orogenia Quechua del ciclo ándico, se produjo hacia el este del territorio una importante acumulación de sedimentos loessicos (Formación Cerro Azul) que conformaron extensas llanuras sobre el basamento cristalino de este sector de La Pampa, el cual está compuesto principalmente por el terreno Pampia. Asimismo se produjo la reactivación de antiguas fallas de rumbo submeridional que provocaron la dislocación y elevación del basamento, dando lugar a las sierras Pampeanas orientales de Córdoba y San Luis. En la provincia de La Pampa este proceso fue de mucha menor intensidad y se manifestó como una suave dorsal que controló el drenaje de las aguas superficiales hacia el río Chadileuvú, que a su vez comenzaba a drenar las aguas de los Andes centrales, provocando una importante incisión en la planicie.

Etapa B: Durante el Mioceno-Plioceno, como consecuencia de ese incipiente levantamiento la planicie pampeana central empieza a modificar su morfología; los ríos troncales y sus afluentes comenzaron a labrar sus valles a un nivel inferior como consecuencia de variaciones del nivel de base y se inicia el desarrollo, hacia el NE, de una superficie de pedimentación debido a la erosión retrocedente de las bardas que limitan el valle del Chadileuvú.

Etapa C: Con la actividad tectónica de la Fase Diaguia del ciclo ándico, cerca del límite Plio-Pleistoceno, continuó el

basculamiento de los bloques del basamento hacia el este y así se modificó la pendiente de los valles transversales que drenaban hacia el Chadileuvú, dejando de ese modo de ser funcionales. Posteriormente con los cambios climáticos acontecidos durante el Pleistoceno y Holoceno (ciclos glaciares e interglaciares), la erosión eólica de los vientos dominantes del cuadrante SSO

comenzó a tener un papel fundamental y terminó de modelar la talla de los valles. De la primitiva planicie miocénica, destruida por efecto de la pedimentación, quedaron relictos aislados en el extremo oeste de la Hoja, cerca de Chacharramendi, como los cerros La Bota, Patagua, Azul y Bayo y otros menores adosados al reparo de las sierras de Lihué Calel y Chata, al SO de la Hoja.

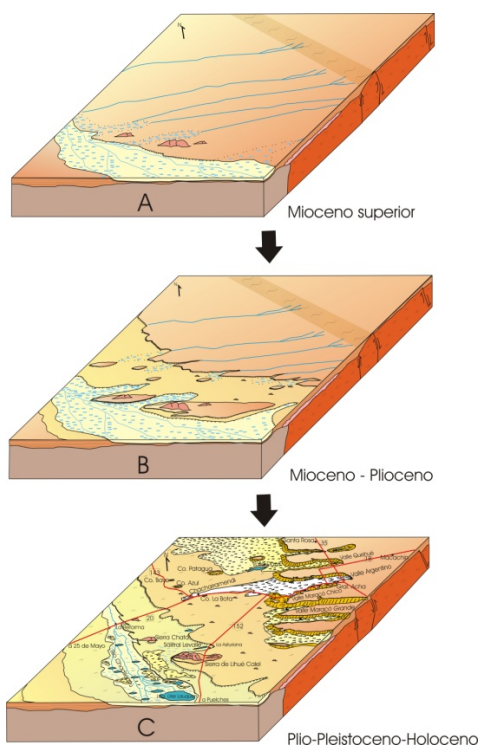


Figura 10: Esquema de evolución de los valles pampeanos

#### Planicie arenosa eólica

Una cubierta de sedimentos de origen eólico mayormente areno-limosos cubre casi toda la superficie de la Hoja y presenta diferente morfología de acuerdo al sector que se considere.

Sobre la planicie estructural que se encuentra en el sector oriental, se destaca un depósito eólico areno-limoso mantiforme prácticamente uniforme; hacia el oeste, sobre la pediplanicie que se extiende hasta el valle del río Chadileuvú, se reconocieron dos áreas en base a la morfología que presentan los depósitos eólicos que la cubren: el *área con montones de arena* y el *área de dunas* (Fotos 3a y 3b). La primera se reconoce en el centro-oeste de la Hoja y su

particularidad es que el depósito eólico no tiene forma definida y está mayormente desarrollado al reparo de un obstáculo: vegetación y/o un resalto rocoso. El *área de dunas* se caracteriza porque la acumulación de las arenas eólicas está controlada mayormente por la topografía, en particular por los valles transversales que actúan como corredores que encausan el viento, ahogándolos o colmatándolos de arena, al punto tal que suelen sobrepasar sus límites; en ellos se reconoce una variedad de dunas, destacándose las longitudinales que tienen varios centenares de metros de longitud, entre ellas hay extensas áreas de interdunas en las que se suelen formar pequeñas lagunas elongadas. También se reconocen dunas



más pequeñas de los tipos parabólico, barjanoide o con forma de estrella, que presentan crestas de direcciones variables (Fig.11). Las dunas en general se han formado por efecto de los vientos provenientes del cuadrante SSO, aunque la morfología de las más pequeñas, que se superponen a las longitudinales, demuestran que la procedencia de los

vientos habría variado al cuadrante O-NO. Hacia el norte y noroeste de Chacharramendi sobresalen en la planicie arenosa cerros testigos de la antigua planicie estructural como los cerros La Bota, Patagua, Azul y Bayo, que se preservaron de los procesos erosivos de pedimentación que la redujeron.

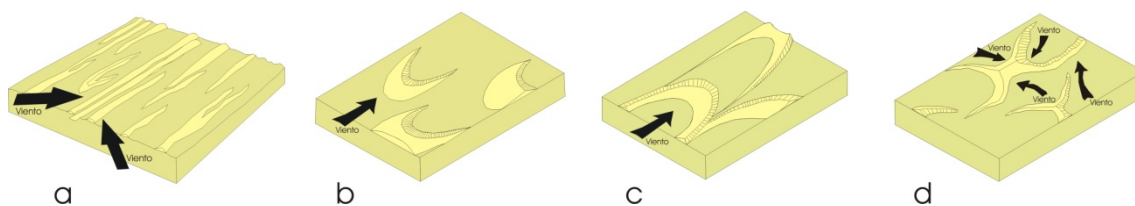


Figura 11: Tipos de dunas. a, longitudinales; b, barjanoides; c, parabólicas; d, en estrella.

### Serranías

En el sector SO de la Hoja las sierras de Lihué Calel y Chata representan un elemento positivo constituido esencialmente por ignimbritas-riolíticas que sobresalen abruptamente de la llanura circundante, con una cota cercana a los 600msnm en la de Lihué Calel y a los 300msnm en la Chica. Los valles de los

arroyos que configuran la red de drenaje de las mismas son subsecuentes al estar controlados por las líneas estructurales más importantes que tienen una orientación NO-SE y NE-SO. Los arroyos se caracterizan por su corta longitud y grandes desniveles, perdiéndose luego en el llano vecino para terminar en algún bajo o colector principal. (Foto 4).



Foto 4: Vista panorámica del flanco oriental de la sierra de Lihué Calel

Una particularidad observada en la sierra de Lihué Calel, es la presencia de grandes bloques limitados por la intensa fracturación que se da en casi todas las direcciones (NE-SO, NO-SE y Horizontal) los que muestran una importante exfoliación catafilar y favor de las fracturas

se da una importante erosión resaltando los bloques. El resultado es un paisaje consistente en el amontonamiento en vertical y horizontal de bloques riolíticos, algunos con cierta inestabilidad, que podrían definirse como *Tors*. (Foto 5).



Foto 5: Sierra de Lihué Calel, vista del apilamiento de bloques riolíticos definidos como *Tors*

#### Valle del Chadilevú

El sector SO de la Hoja es atravesado con un rumbo sudoeste por el río Chadileuvú en un tramo de 25km. Discurre con un diseño anastomosado por una amplia planicie de inundación de aproximadamente 15km de ancho en la que se observan marcas, lagunas semilunares, lagunas encadenadas e incluso zonas con esteros parcialmente inundadas. Es un río intermitente cuyo régimen hídrico es estacionario y actualmente se ve alterado por las represas que se construyeron en su cuenca aguas arriba. Sobre la planicie aluvial, por sectores, hay pequeños campos de dunas formados al reparo de ambos márgenes del valle, llegando en algunos casos a superarla extendiéndose por fuera del mismo.

#### HISTORIA GEOLÓGICA

La unidad más antigua aflorante en el ámbito de esta Carta son los Esquistos Santa Helena, que se interpretan como pertenecientes a una secuencia supracortical depositada entre los 556 y 530-520 Ma (Neoproterozoico-Cámbrico inferior) en el borde oriental de Pampia, en una cuenca de antepaís equivalente a la etapa tardía de la cuenca Puncoviscana (Zappettini *et al.*, 2010).

El magmatismo Cámbrico inferior representado por el Complejo Ígneo El Carancho corresponde a los afloramientos más australes de un arco desarrollado en el margen activo de Pampia, entre los 530 y 520 Ma.

En el margen pasivo del Cratón del Río de la Plata se desarrolló concomitantemente una secuencia de plataforma, correspondiente a la Formación Las Piedras, que comprende areniscas, pelitas e intercalaciones locales de calizas, metamorfizadas durante la orogenia Pampeana.

La colisión de Pampia y el Cratón del Río de la Plata hacia los 530-520 Ma (Cámbrico inferior) dio lugar al desarrollo del Orogéno Pampeano evidenciado en la región estudiada por la presencia de circones metamórficos en el Complejo Ígneo El Carancho (Chernicoff *et al.*, 2012) y la edad del metamorfismo de la Formación Las Piedras.

Con el inicio de la subducción en el margen occidental de Pampia, ya re-acrecionada a Gondwana, se desarrolló un magmatismo de arco, cuyo exponente más austral corresponde a la Formación Paso del Bote (Villar *et al.*, 2005, Chernicoff *et al.*, 2008d) al que se asocian gabros tipo MORB relacionados al desarrollo incipiente de corteza oceánica por rifting en el retroarco (Formación Valle Daza) (Chernicoff *et al.*,

2005; Zappettini et al., 2005, Chernicoff et al., 2009b). Asociada con la orogenia famatiniana, en relación con la colisión Cuyania-Pampia hacia los 465 Ma y hasta los 450 Ma se ha registrado un episodio metamórfico datado en circones metamórficos en esquistos-gneises del área Paso del Bote (Chernicoff et al., 2008a, 2008b) correlacionable con el descripto para los Esquistos Santa Helena.

El desarrollo del Orógeno Famatiniano a lo largo de la sutura Cuyania-Pampia dio lugar en la región centro austral argentina, al depósito de sedimentos de antepaís de edad ordovícica superior-devónica inferior representados por la Formación La Horqueta (Chernicoff et al., 2008f).

Con la acreción de Chilenia al margen occidental de Gondwana se asocian los movimientos chánicos, con los que se asocia un magmatismo de tipo postorogénico representado por granitoides de la Formación Curacó; estos movimientos asimismo reactivaron fallas preexistentes y condujeron a la formación de depocentros más o menos aislados, de los cuales el principal en la región de estudio es el identificado como Depocentro Arizona, cuenca pull-apart vinculada al movimiento dextrógiro a lo largo de la falla Lonco Vaca-Valle Daza, movimiento concomitante con el observado a lo largo de las suturas occidentales de Pampia y Cuyania (Chernicoff y Zappettini, 2005, 2007).

El extenso magmatismo félsico gondwánico con afinidades de arco está representado en la región por volcanitas mesosilícicas (Formación El Centinela) a ácidas (Formación Choique Mahuida) y granitoides (Formación Zúñiga), habiéndose identificado en el área, al sur de la carta, una intrusión sienítica con tendencia alcalina (Stock Estancia El Trabajo; Lagorio et al., 2008), asociada a la etapa final extensional.

Con el desarrollo de los sistemas de rift pampeano central y occidental de la Argentina durante la etapa distensiva del Cretácico temprano (Ramos, 1999; Chebli et al., 1999), se habrían extruido los

basaltos subalcalinos hallados en la estancia La Magdalena, los que por su ubicación geográfica podrían estar vinculados al rift de la cuenca de Quehué. (Silva Nieto et al., 2014)

No existen evidencias, dentro del ámbito de Hoja, de sedimentación hasta fines del Mioceno; en consecuencia, la acción de los agentes morfogenéticos condujeron a la peneplanización de la unidades más antiguas, lo que produjo la casi nivelación del territorio.

A fines del Mioceno superior, con la orogenia Quechua del ciclo ándico, se produjo hacia el este del territorio una importante acumulación de sedimentos loessicos (Formación Cerro Azul) que conformaron extensas llanuras sobre el basamento cristalino de este sector de La Pampa (Bloque de La Pampa Central, Folguera Telichevsky, 2011), el cual está compuesto principalmente por los terrenos Pampia y Cratón del Río de la Plata; asimismo se produjo la reactivación de antiguas fallas de rumbo submeridional que provocaron la dislocación y elevación del basamento, dando lugar a las sierras Pampeanas orientales de Córdoba y San Luis. En la provincia de La Pampa este proceso fue de mucha menor intensidad y se manifestó como una suave dorsal que controló el drenaje de las aguas superficiales hacia el río Chadileuvú, que a su vez drenaban las aguas de los Andes centrales que comenzaban a emerger, provocando importante incisión en la planicie. Durante el Mioceno tardío-Plioceno, como consecuencia de ese modesto levantamiento, la planicie pampeana central empieza a modificar su morfología, los ríos troncales y sus afluentes comenzaron a labrar sus valles a un nivel inferior como consecuencia de variaciones del nivel de base y se inicia el desarrollo de una superficie de pedimentación sobre las sedimentitas de la Formación Cerro Azul, debido a la erosión retrocedente hacia el NE de las bardas que limitan el valle del Chadileuvú. Simultáneamente con estos procesos y con la progresiva elevación de la Cordillera, van cambiando las condiciones climáticas al



impedir el pasaje de aire húmedo desde el Pacífico, al tornarse el clima más seco y árido se desarrollaron sobre la superficie original de la planicie y luego sobre la superficie pedimentada los dos niveles de calcrete reconocidos. Con la actividad tectónica de la Fase Diaguita del ciclo ándico, cerca del límite Plio-Pleistoceno, continuó el basculamiento de los bloques del basamento hacia el este y se modificó de esa manera la pendiente de los valles transversales que drenaban hacia el Chadileuvú dejando de esta manera de ser funcionales.

Posteriormente, con los cambios climáticos acontecidos durante el Cuaternario, consistente en una alternancia de periodos glaciarios fríos y secos e interglaciarios más cálidos y húmedos y con el progresivo retroceso de los glaciares cordilleranos, la erosión eólica, por los vientos dominantes del cuadrante SSO, comienza a tener un papel fundamental y termina de modelar la talla de los valles transversales. Contemporáneamente, los sedimentos aportados desde el oeste por los ríos de la cuenca Desaguadero-Chadileuvú al ir perdiendo competencia, precipitan configurando una importante planicie aluvial, en la que se depositaron sedimentos fluvio-lacustes, posteriormente ciclicamente erosionados y redepositados por los vientos en las planicies situadas al este y en los valles transversales, los que prácticamente quedaron ahogados por los depósitos arenosos de la Formación Meaucó.

El proceso de remodelado eólico continúa en la actualidad y es un indicio de un cambio de las condiciones climáticas hacia una mayor aridización.

La estratigrafía de la Hoja se completa con los depósitos coluviales indiferenciados, depósitos aluviales y depósitos finos de bajos y lagunas desarrollados a finales del Holoceno.

## RECURSOS MINERALES

### DEPÓSITOS DE MINERALES METALIFEROS

#### Níquel – Platino diseminado

En el año 1999, la empresa Marifil S.A. inició estudios de prospección en la zona Valle Daza y Lonco Vaca (fuera del ámbito de la Hoja) en búsqueda de zonas favorables para estos metales básicos y preciosos. Así, en el año 2000 se encontraron evidencias geológicas y geofísicas que confirmaban la potencialidad de estas áreas para alojar concentraciones económicas de estos minerales metalíferos, utilizando métodos gravimétricos y magnetométricos a escala regional. En el caso del Valle Daza, en el área denominada Rafiki, se realizaron reconocimientos en el campo para verificar su existencia, consistentes en la localización e identificación tanto de los escasos afloramientos rocosos en lagunas y salitrales, como del regolito detectado sobre las picadas y caminos. Sin embargo, y según informes de la misma empresa, de los datos gravimétricos y geológicos, así como de los estudios magnetométricos realizados, consistentes en mediciones cada kilómetro, se concluyó que las rocas del lugar (granitos y sedimentitas metamórficas) no son favorables para albergar estos minerales, abandonando el proyecto (Marifil, 2000).

### DEPÓSITOS DE MINERALES INDUSTRIALES

#### Cuarzo

En las cercanías de Chacharramendi, se halla cuarzo que serviría para fabricar vidrio tipo botella ya que contiene hierro.

#### Sulfato de sodio

##### La Ernestina

El yacimiento La Ernestina está ubicado en el valle de Utracán, 2 km al sudoeste de la estación del mismo nombre, en la Sección IX, Fracción C, Lote 5, del departamento Utracán.

La geología local está constituida por sedimentitas continentales plio-pleistocenas y cuaternarias.

El valle que ocupa la sulfatera tiene una extensión transversal que varía entre 15 y 20 km, con un rechazo poco considerable de unos 90 m como máximo.

Intercalada entre las “lagunas” La Manga y Tulio, las aguas pluviales penetran en La Ernestina por el sudoeste, después de haber atravesado una larga serie de lagunas y salitrales de aguas fuertemente salinizadas. Recibe un importante aporte de agua a través de los denominados “lloraderos”, vertientes que resultan de aguas freáticas que afloran en el borde de la sulfatera.

La laguna tiene una longitud de alrededor de 1000 m y un ancho de unos 500 metros. Según indican Angelelli *et al.* (1976), el cuerpo salino está constituido por una capa de unos 2 m de potencia conformada por una costra salina, de 2 a 10 cm de espesor; 1 a 2 m de fango negro arcilloso y/o arenoso y, por debajo, arena que forma el piso.

El espesor de la costra salina, compuesta por thenardita y mirabilita, es de unos 7 cm en el extremo nordeste y 3 cm en el extremo sudoeste. La composición de dicha costra, sobre materia seca, expresada en combinaciones probables, correspondiente a dos muestras es:

	M-235 (%)	M-230 (%)
Bicarbonato de calcio	0,041	0,260
Bicarbonato de magnesio	0,990	1,090
Bicarbonato de sodio	2,981	2,520
Cloruro de sodio	1,292	3,020
Sulfato de sodio	86,220	83,870
Carbonato de sodio	0,760	3,180
Nitrato de sodio	0,032	0,132

Los mismos autores indican que los fangos negros arcillosos situados debajo de la costra son muy plásticos, contienen

materia orgánica en proceso de fermentación pútrida y registran, en término medio, la siguiente composición:

Bicarbonato de calcio y magnesio	1,315 g/l
Cloruro de sodio	6,637 g/l
Sulfato de sodio	5,601 g/l
Carbonato de sodio	4,211 g/l

La composición química de las aguas de La Ernestina, según Cordini (1967), es:

Residuo seco a 180 °C	182.00 g/l
Alcalinidad total en CO <sub>3</sub> Ca	33.30 g/l
Bicarbonatos	3.66 g/l
Cloruros	42.55 g/l
Sulfatos	51.35 g/l

Calcio	0 g/l
Magnesio	0 g/l
Sodio	66.66 g/l

La posibilidad de renovación de las sales de La Ernestina podría ser, como todo cuerpo salino, por aporte superficial y por aporte de aguas subterráneas. Dado que La Ernestina forma parte de una serie de cuerpos ligados entre sí, para establecer la calidad de las aguas superficiales se hicieron estudios los que determinaron que su aporte de carbonatos y bicarbonatos es insignificante. Por su parte, el aporte subterráneo puede deberse a aguas freáticas o a sales que ascienden por los planos de falla limitantes del graben.

La mineralización de las aguas freáticas, como así también las pertenecientes a la segunda y tercera napa, no son portadoras de sales por lo menos en cantidades significativas.

La sulfatera, si bien actualmente no se explota, tiene una reserva de

aproximadamente 97.000 t de sulfato de sodio.

## DEPÓSITOS DE ROCAS DE APLICACIÓN

### Andesitas

#### Cantera Lihué Calel

Esta cantera se halla en el kilómetro 130 de la ruta nacional 152, en las coordenadas geográficas 37°52'04''S y 65°26'52''O, siendo su ubicación catastral Sección X-Fracción A- Lote 9. Se accede a ella desde Santa Rosa por la ruta nacional 35 hacia el sur recorriendo 78km hasta el paraje Padre Buodo, desde allí se intersecta la ruta nacional N°152 por la que se transitan 130km hacia el SE. Desde la ruta se observa gran cantidad de material acopiado. (Foto 6).



Foto 6: Vista panorámica de la Cantera de áridos Lihué Calel, en el kilómetro 130 de la RN 152

Los sedimentos superficiales predominantes son arenas finas y limosas que cubren cantos rodados y bloques rocosos. Estos últimos provienen de las formaciones permotriásicas Choique Mahuida y El Centinela, aflorantes en el área. La andesita del yacimiento pertenece a la Formación El Centinela. En la clasificación de depósitos minerales industriales, rocas y gemas de la República Argentina este yacimiento corresponde al modelo de depósitos asociados a volcanismo subaéreo–Rocas (11g), equivalente al modelo R05 del BCGS.

La cantera, con una reserva de 100.000 t, se explotaba a cielo abierto, extrayendo material sometido a trituración. A partir del año 2000 la planta dejó de estar en actividad a causa de la paralización de las obras viales provinciales, ya que se utilizaba como roca y árido (piedra triturada) para la construcción de la carpeta asfáltica. Posteriormente y debido a una existencia de material acumulado, la empresa despachó esporádicamente algunas toneladas de material como en el año 2003 con 1.101 t, íntegramente con destino local.

#### Pegmatitas

La zona comprendida por la Hoja General Acha se desarrolla dentro de un área con pegmatitas y posibles minerales asociados, de acuerdo a las áreas prioritarias de prospección de la provincia. En ella el cratógeno presenta áreas de rocas metamórficas y otras de rocas graníticas, debiendo considerarse la

relación existente entre los cuerpos pegmatíticos y la roca de caja. En el caso de ser gneissica por la posible presencia de Tierras Raras y en el caso de ser anfibólica por la posibilidad de existencia de berilo, minerales de bismuto, fluorita, galena y fosfatos primarios. Además, en los cuerpos pegmatíticos se determinarán las zonaciones y en el caso de presentar feldespatos, será importante determinar su grado de alteración para la posible localización de caolín o gibbsita.

En la zona de El Carancho (en las cercanías de las estancias El Hugo y Los Tajamares) se hallan afloramientos de pegmatitas con cuarzo, feldespato y turmalina. La turmalina presente es de tipo “chorlo” y no posee valor económico sino que, por el contrario, cuando aumenta en tamaño y cantidad, es nocivo para el rendimiento del yacimiento. Si bien las áreas observadas no justifican su explotación, sería recomendable explorar la zona.

#### Granito

Se recomienda estudiar el granito aflorante en Sierra Chata para la posible obtención de bloques. Por el contrario, su explotación como piedra partida sería antieconómica por la distancia.

Por otra parte, la cantera ubicada en Loma Alta, si bien está abandonada en la actualidad y se halla alejada de centros poblados, conserva su potencial de proveedora de material, en una buena ubicación relativa dado que se encuentra en el cruce de las rutas provinciales 15 y 143. (Foto 7).





Foto7. Cantera de granito para áridos (Fm. Zúñiga) en Loma Alta, cruce de las RP 15 y RN 143

#### Tosca

A pesar de la abundancia de los afloramientos de tosca, sólo en algunas partes puede hablarse de yacimientos que puedan ser aprovechados. Las dificultades para explotar la tosca devienen en su aparición irregular, en su espesor reducido (0,20-0,40m), llegando a veces hasta 1,50m pero sumando capas separadas entre sí por intercalaciones de otro material. Es un material relativamente blando que sirve para enripiar (macadam al agua) y también puede servir para mejorar los caminos de tierra.

Unos 2 km al sur de General Acha se levanta una loma tendida en dirección E-O cuya altura es de unos 40-50 m sobre el terreno. Allí afloran cerca de la cumbre, bancos de calcáneos cuya dureza relativa y cuyo alto poder cementante han inducido a usarlo para la pavimentación del pueblo (macadam al agua), resultando muy satisfactoria. El espesor de estos bancos llega a poco más de 1m y el perfil

característico está constituido por 0,70 m de loess con rodados de calcáreo en su base; 0,20 m de banco firme y duro de calcáreo; 0,40 m de tosca blanda; 0,40 m de tosca dura y 0,30 m de loess impregnado con calcáneos.

Alrededor de 1,5 km al este de General Acha, se encuentra una laguna (la más occidental de la serie de lagunas en la cuenca del Valle Argentino) en cuyo borde austral se han formado barrancas con afloramientos de tosca, cuyo perfil es: 0,40 a 3 m de loess superior; 1,50 a 2 m de un banco bien formado con tosca esponjosa; 0,80 a 1 m de loess con trozos de tosca; 0,50 m de un banco de tosca irregular y 0,60 m de loess arcilloso con tosca blanda por debajo. Es un yacimiento importante ya que la existencia de tosca es relativamente grande. No obstante debido a que el destape va aumentando conforme al avance de la explotación y a la intercalación de las capas blandas entre los

bancos de tosca, puede no resultar económicamente explotable.

En la cantera El Carancho la tosca se encuentra reemplazada por calcedonia y cuarzo de grano muy fino en forma de venas o escarapelas, con pequeñas dendritas de manganeso.

En el cerro La Bota, con coordenadas 37°22'16"-65°28'33", se encuentra una cantera abandonada que explotaba la tosca que corona la Formación Cerro Azul, la que fue empleada en la pavimentación de la ruta provincial Nº20 como subrasante y como mejorador para los caminos de tierra. De la misma manera, el material proveniente de la cantera ubicada en Co. Bayo es utilizado para la reparación de caminos.

Varias canteras de tosca, también empleadas en las obras de asfaltado de la ruta nacional 152 y actualmente abandonadas, se ubican sobre el remanente de meseta de agradación existente en el sector comprendido entre el salitral de La Asturiana y las sierras de Lihué Calel y Chica.

Como indicaron Lorenz y Sotorres (2001), las calcretas de todo tipo (incluso las más masivas), sólo sirven para enripiado, sub-base y base en la construcción de caminos.

## RECURSOS HÍDRICOS

### AGUA SUBTERRÁNEA

De las relaciones geológicas observadas, en el valle Daza y en la parte occidental de los valles de Quehué y Chapalcó (al NE de la zona de estudio), surge la existencia de un eje en parte subterráneo de rocas cristalinas que constituyen la prolongación de las sierras de Córdoba conformando una divisoria de aguas subterráneas, lo que impide una alimentación subterránea desde el oeste. Además, por el gradiente general de la región y por la constitución geológica, no existe alimentación desde el norte, sur o

este, por lo que la única posibilidad de recarga de los acuíferos es a través de las precipitaciones que caen en la zona. En consecuencia, las posibilidades de alumbrar agua subterránea de buena calidad en la provincia de La Pampa, y particularmente en la Hoja General Acha, disminuyen de este a oeste, en función de la disminución de las lluvias.

Los materiales gruesos como grava y arena dan como resultado acuíferos de buen rendimiento y de buena calidad, mientras que un relieve positivo compuesto por médanos, también da lugar a la presencia de un acuífero de buena calidad.

En los numerosos valles transversales que surcan la zona, el agua se encuentra a escasa profundidad, destacándose los de Chapalcó y Valle Argentino con una cubierta medanosa que asegura una excelente recarga directa, dando como resultado acuíferos de gran importancia local y regional como el de General Acha (El Carancho-Doblas).

Cuando el agua subterránea corre en los sedimentos pampeanos, sin influencia de los médanos, si bien está muy cerca en todas partes, tiene un contenido elevado de sales en tal proporción que en algunos casos puede considerarse una salmuera. La presencia de eflorescencias salinas es indicativa de la calidad de estas aguas.

Las condiciones geológico-tectónicas de la zona de Lihué Calel determinan condiciones especiales de infiltración y yacencia que posibilitan la acumulación de aguas subterráneas no salinizadas. Las rocas involucradas presentan un intenso diaclasamiento en red, constituyendo el área natural de infiltración y recarga, la que también se ve favorecida por la alta permeabilidad de las arenas de los depósitos cuaternarios. Se define de esta manera un área hidrogeológica que se puede subdividir en dos sub-áreas: Los Ranqueles y La Asturiana. El sub-área Los Ranqueles se ubica entre la sierra y la estancia del mismo nombre, representando los acuíferos de mayor superficie y mejores

posibilidades de explotación. El macizo de Lihué Calel y el flanco sur de la Sierra Chica constituyen su área de recarga. Por su parte, el sub-área La Asturiana está situada al norte de la anterior y presenta como límites los afloramientos de las rocas permo-triásicas por fractura junto al salitral Levalle y el flanco norte de la Sierra Chica, que actúa como área de recarga. Estos acuíferos son pobres en caudal pero constituyen excelentes fuentes de agua para consumo del ganado y eventualmente consumo humano (Rivas Roche, 1969).

Schulz *et al.* (1999) realizaron una evaluación de la calidad del agua subterránea en un sector del Valle Argentino, orientado hacia la determinación de su aptitud para consumo humano y ganadero, así como también para su empleo en sistemas de riego complementario. Determinaron dos áreas bien definidas en cuanto al comportamiento del agua subterránea. Una de ellas corresponde al área de recarga, controlada por el cordón medanoso central, que facilita la infiltración y dirige la distribución del recurso freático, mientras que la otra está formada por el conjunto de lagunas, salitrales y bajos laterales, constituyendo el área de descarga por evaporación.

Las características geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas determinaron la delimitación de distintos sectores dentro del área estudiada, con rasgos distintivos. Al oeste, en la zona de Chacharramendi, el sector se caracteriza por una buena delimitación de la barranca norte, presencia de médanos y por poseer agua subterránea alojada en la parte superior del basamento alterado o en el "pampeano", al menos hasta la estancia Las Acacias. En este sector, el agua tiene un contenido salino variable y en general superior a los 2000 mg/l, con un rendimiento escaso.

Hacia el este, en las cercanías de General Acha, se define el sector de la estancia Quiñi Malal, caracterizado por un médano central, continuo, con dos depresiones laterales ocupadas por cuerpos de agua permanentes, semi-

permanentes y salitrales. Por debajo del manto arenoso, aparecen los limos arenosos de la Formación Cerro Azul o las rocas de basamento. El ancho promedio del valle y su cordón medanoso es de unos 8 km y el contenido salino del agua es inferior a los 2000 mg/l. Los rendimientos hidráulicos son muy superiores a los del sector anterior, cercanos a los 100 m<sup>3</sup>/h.

Finalmente, hacia el este de la estancia Quiñi Malal, el cordón medanoso tiene un ancho variable entre 8 y 11 km, mientras que el basamento aparece en perforaciones de General Acha a profundidades superiores a los 150 m, llegando en Padre Buodo a pocos kilómetros fuera de la Hoja, a los 250 m de profundidad. La columna litológica se completa con los limos areno-arcillosos de la Formación Cerro Azul. La calidad del agua subterránea es buena hasta una profundidad de 180 metros.

Los autores concluyen que el área relevada posee recursos hídricos subterráneos adecuados para distintos usos en el ámbito rural, especialmente allí donde la cobertura arenosa genera condiciones favorables para la infiltración, a excepción de las zonas de ambiente límico.

## SITIOS DE INTERÉS GEOLÓGICO

- Valle Argentino

Es el mayor de los valles transversales de La Pampa, se destaca por sus grandes dimensiones, más de 200km de largo y hasta 10km de ancho. Está excavado en depósitos sedimentarios del Mioceno tardío (Formación Cerro Azul) coronados por una potente costra calcárea (calcrete). Su formación habría comenzado hace unos 5-6 Ma, y de los sedimentos miocenos fueron exhumados restos fósiles de vertebrados, principalmente mamíferos y también anfibios, reptiles y aves. El valle esta

ocupado en su parte central por un potente cordón cuaternario de médanos de formas variadas que se destacan por alcanzar grandes dimensiones y por ser un importante reservorio de agua dulce. (Foto 8)

- Sierra de Lihué Calel  
Es el principal accidente orográfico de la provincia de La Pampa, se destaca del llano circundante alcanzando los 590 m.s.n.m. Fue declarada Parque Nacional en el

año 1977 no solo por su valor geológico, sino también por su particular flora y fauna autóctona. Esta sierra es el producto de una importante actividad volcánica que tuvo lugar entre el Pérmico tardío y el Triásico temprano, hace aproximadamente 240 Ma. Está constituida principalmente por una potente sucesión de ignimbritas riolíticas depositadas por flujos piroclásticos que representan el relleno de una caldera volcánica. (Fotos 4; 5 y 9).



Foto 8: Vista oblicua hacia el oeste del valle Argentino (modificado de Google Earth)





Foto 9: Acceso al Parque Nacional Lihue Calel desde RN 152

#### BIBLIOGRAFÍA

ALONSO-ZARZA, A.M., 2003. Paleoenvironmental significance of palustrine carbonate and calcretes in the geological record. *Earth-Science Reviews* 60: 261-298.

AMBROSETTI, J.B., 1893. Viaje a La Pampa Central. *Boletín del Instituto Geográfico Argentino* 14:1-126. Buenos Aires.

AMEGHINO, F., 1889. Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina. *Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, Actas VI*:1-1027. Córdoba.

ANGELELLI, V., I.SCHALAMUK y A. ARROSPIDE, 1976. Los yacimientos no metalíferos y rocas de aplicación de la región Patagonia-Comahue. *Anales XVII. Dirección Nacional de Geología y Minería. Buenos Aires.*

ASTINI, R.A.; RAMOS, V.A.; BENEDETTO, J.L.; VACCARI, N.E.; CAÑAS, F.L. 1996. La Precordillera: Un terreno exótico a Gondwana. 13º Congreso Geológico Argentino y 3º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, *Actas 5*: 293-324. Buenos Aires.

BARBOZA, S. A. Y BERGANTZ, G. W. 2000, Metamorphism and anatexis in the Mafic Complex contact aureole, Ivrea Zone, Northern Italy. *Journal of Petrology* 41: 1307-1327.

CANNELLE, L.E., 1950. Condiciones Hidrogeológicas de la zona comprendida entre Telén y Santa Isabel y valle de los ríos Salado-Atuel-Chadileuvú. *Territorio de La Pampa. Ministerio de Industria y Comercio, Dirección de Industria Minera, Informe inédito, 35 p. Carpeta 954. Buenos Aires.*

CASADÍO, S., MANERA, T., PARRAS, A., MONTALVO, C. Y CORNACHIONE, G., 2000. Primer registro en superficie de sedimentitas continentales del Cretácico superior en la cuenca del Colorado, sureste de La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 55: 129-133.

CORDINI, I.R., 1950. Contribución al conocimiento de los cuerpos salinos de la Argentina: Colorada Grande, Chioqué, cuerpos salinos de Utracán-Acha, salitral y salinas de Pocitos, salinas Chicas y Chasicó. *Dirección Nacional de Minería y Geología, Anales 3. Buenos Aires.*

CRIADO ROQUÉ, P., 1972a. Cinturón Móvil Mendocino-Pampeano. En: Leanza A.F. (Dir. y Ed.), *I Simposio de Geología Regional*

- Argentina, 297-303. Academia Nacional de Ciencias. Córdoba.
- CRIADO ROQUÉ, P., 1972b. Bloque de San Rafael. En Leanza, A.F. (ed.), *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias. República Argentina. : 287-295. Córdoba.
- CHEBLI, G.A., M.E. MOZETIC, E.A. ROSSELLO y M. BÜHLER, 1999. Cuencas sedimentarias de la llanura chacopampeana. En: Caminos, R. (ed), *Geología Argentina*. Subsecretaría de Minería de la Nación, Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales, *Anales* 29:627-644. Buenos Aires.
- CHERNICOFF, C.J. Y ZAPPETTINI, E. 2003a. Evidencias geofísicas para la delimitación de terrenos pregondwánicos en la región centro-austral argentina. 10º Congreso Geológico Chileno. Actas en CD. 6 p., Concepción.
- CHERNICOFF, C.J. Y ZAPPETTINI, E.O. 2003b. Delimitación de los terrenos tectonoestratigráficos de la región centro-austral argentina: evidencias aeromagnéticas. *Revista Geológica de Chile* 30(2): 299-316.
- CHERNICOFF, C.J. Y ZAPPETTINI, E. 2004. Geophysical evidence for terrane boundaries in south-central Argentina. *Gondwana Research* 8(4): 1105- 1116.
- CHERNICOFF, C.J. Y ZAPPETTINI, E.O., 2005. Paleozoic foreland basin deposits (La Horqueta Formation) in the province of La Pampa, Argentina. 16 Congreso Geológico Argentino, Actas II: 169-176. La Plata.
- CHERNICOFF, C.J., ZAPPETTINI, E.O Y VILLAR, M. L. 2005. La faja de metagabros del sector centronorte de la provincia de La Pampa, Argentina: nuevas evidencias geofísicas. 16º Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 39-44, La Plata.
- CHERNICOFF, C.J. Y ZAPPETTINI, E.O., 2005a. Evidencias de una cuenca de pull apart Neopaleozoica en el sudeste de la provincia de San Luis, Argentina: extensión austral de la cuenca de Paganzo. 16 Congreso Geológico Argentino, Actas I: 471-476. La Plata.
- CHERNICOFF, C.J. Y ZAPPETTINI, E.O., 2005b. Identification of the southernmost Paganzo basin deposits (Upper Paleozoic red beds) in south-central Argentina. Gondwana 12 Conference. Mendoza. Actas: p. 102.
- CHERNICOFF, C.J. Y ZAPPETTINI, E.O., 2007. La cuenca paleozoica de Arizona, sudeste de San Luis, Argentina: extensión austral de la cuenca de Paganzo. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 62 (2): 321-324.
- CHERNICOFF, C.J., SANTOS, J.O.S., ZAPPETTINI, E.O. Y MCNAUGHTON, N.J. 2006. Identification and zircon U-Pb SHRIMP dating of the Green quarry schists, southern San Luis province, Argentina. 5th South American Symposium on Isotope Geology, Actas: 77-79, Punta del Este.
- CHERNICOFF, C.J., SANTOS, J.O.S., ZAPPETTINI, E.O. Y MCNAUGHTON, N. J. 2007. Esquistos del Paleozoico Inferior en la cantera Green, sur de San Luis, Argentina: edades U-Pb SHRIMP e implicancias geodinámicas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62(1): 154-158.
- CHERNICOFF, C.J., SANTOS, J.O.S., ZAPPETTINI, E.O., VILLAR, L.M. Y MCNAUGHTON, N.J. 2008a. U-Pb SHRIMP dating of the Famatinian (Lower Paleozoic) metamorphism in La Pampa province, Argentina. 6th South American Symposium on Isotope Geology, Actas en CD, 5 p., San Carlos de Bariloche.
- CHERNICOFF, C.J., SANTOS, J.O.S., ZAPPETTINI, E.O. Y MCNAUGHTON, N. J. 2008b. Edad U-Pb SHRIMP del metamorfismo famatiniano en la provincia de La Pampa. 17º Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 9-10, San Salvador de Jujuy.
- CHERNICOFF, C.J., SANTOS, J. O.S., ZAPPETTINI, E.O., VILLAR, L.M. Y MCNAUGHTON, N. J. 2008c. Zircon U-Pb SHRIMP dating of the Lower Paleozoic parashists at Sierra de Lonco Vaca, La Pampa province, Argentina. 6th South American Symposium on Isotope Geology, Actas en CD: 4 p., San Carlos de Bariloche.
- CHERNICOFF, C.J., ZAPPETTINI, E.O., SANTOS, J.O.S., VILLAR, L.M., Y MCNAUGHTON, N. J. 2008d. El arco magmático famatiniano en la provincia de

La Pampa. 17º Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 11-12, San Salvador de Jujuy.

CHERNICOFF, C.J., ZAPPETTINI, E.O., SANTOS, J. O.S., BEYER, E. Y MCNAUGHTON, N. J., 2008f. Foreland basin deposits associated with Cuyania terrane accretion in La Pampa province, Argentina. *Gondwana Research*, 13 (2): 189-203.

CHERNICOFF, C.J., ZAPPETTINI, E.O., SANTOS, J.O.S., BELUSOVA, E. Y MCNAUGHTON, N. J. 2010. SHRIMP U-Pb ages and Hf isotopes composition of Las Piedras Formation (Ediacaran – Lower Cambrian), southern La Pampa Province, Argentina. VII SSAGI, actas en CD. Brasília.

CHERNICOFF, C.J., ZAPPETTINI, E.O., SANTOS, J.O.S., GODEAS, M.A., BELUSOVA, E. y MCNAUGHTON, N. J. 2012. Identification and isotopic studies of early Cambrian magmatism (El Carancho Igneous Complex) at the boundary between Pampean terrane and the Río de la Plata craton, La Pampa province, Argentina. *Gondwana Research*. Volume 21 (2-3): 378-393.

CHERNICOFF, C.J., ZAPPETTINI, E.O., VILLAR, L.M., CHEMALE, F., HERNÁNDEZ, L. 2009b. The belt of metagabbros of La Pampa: Lower Paleozoic back-arc magmatism in south-central Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 28(4): 383-397.

CHERNICOFF, C.J., ZAPPETTINI, E.O., SANTOS, J.O.S., ALLCHURCH, S. Y MCNAUGHTON, N.J., 2009c- The southern segment of the Famatinian magmatic arc, La Pampa province, Argentina. *Gondwana Research*. Volume 17 (4): 662-675.

de ELORRIAGA, E.E., 1997. Interpretación de Sondeos Eléctricos Verticales realizados en el Valle Argentino (Departamento Utracán, provincia de La Pampa). Informe inédito. Santa Rosa.

de ELORRIAGA, E.E., 1998. Perfil geológico-geológico en el Valle Argentino (Departamento Utracán, Provincia de La Pampa). V Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses. : 66-74. Mar del Plata.

de ELORRIAGA E. E., KOSTADINOFF, J. Y RANIOLO, L., 2013. Caracterización geofísica de la cuenca de Quehué,

provincia de La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 70 (2): 163-172.

DELPINO, S., G.FERRACUTTI, J. KOSTADINOFF y E. BJERG, 2005. La prolongación austral de las Sierras Pampeanas en la provincia de La Pampa: Evidencias geológicas y geofísicas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 60(3):535-551. Buenos Aires.

DGMG-DIRECCIÓN GENERAL DE MINAS Y GEOLOGÍA, 1934. Perforación Nº1 en General Acha. Expediente 102554-33. Obra Nº 743. Ministerio de Agricultura. Buenos Aires.

DOERING, A., 1882. Geología. En: Informe oficial de la Comisión Científica Agregada al Estado Mayor General de la Expedición al Río Negro (Patagonia), realizada en los meses de abril, mayo y junio de 1879, bajo las órdenes del General D. Julio A. Roca. Entrega 3:295-530. Buenos Aires.

ESPEJO, P. y D.G. SILVA NIETO, 1986. Estratigrafía, litología y geomorfología de la Formación Puesto Alí. 3º Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de La Pampa. Serie Suplementos (3): 65-71. Santa Rosa. La Pampa.

ESPEJO, P.M. y D.G. SILVA NIETO, 1996. Hoja Geológica 3966-II, Puelches (1:250.000), provincias de La Pampa y Río Negro. Dirección Nacional del Servicio Geológico, Boletín 216:1-35. Buenos Aires.

ESPEJO, P.M. y D.G. SILVA NIETO, 2007. Hoja Geológica 3966-I, Gobernador Duval (1:250.000), provincia de La Pampa. Dirección Nacional del Servicio Geológico, en prensa. Buenos Aires.

ESTEBAN, M., KLAPPA, C.F., 1983. Subaerial exposure environments. In.: Scholle, P.A., Bebout, D.G., Moore, C.H. (Eds.), Carbonate Depositional Environments. American Association of Petroleum Geologists Memoir, Tulsa, OK, vol. 33, pp. 1-96.

ETCHEVERRÍA M.P. Y A. FOLGUERA, 2014. Los calcretes del sudeste de la provincia de La Pampa: caracterización y origen. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, vol.71, n.1, pp. 92-99. Buenos Aires.

- FERNÁNDEZ SEVESO, F. Y TANKARD, A.J. 1995. Tectonics and Stratigraphy of the Late Paleozoic Paganzo Basin of Western Argentina and its regional implications. En A.J. Tankard, R. Suárez S. y J. Welsink, Petroleum basins of South America, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 62: 285-301, Tulsa.
- FIDALGO, F., 1963. Algunos rasgos tectónicos y geomorfológicos de la sierra de Sañogasta-Vilgo. Provincia de La Rioja. Revista Asociación Geológica Argentina. XVIII (3-4): 139-153. Buenos Aires.
- FOLGUERA TELICHEVSKY, A., 2011. La reactivación neógena de la Pampa Central. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Ciencias Geológicas. Universidad de Buenos Aires. Tesis Doctoral. 199 p. Buenos Aires.
- FOLGUERA, A. Y ZÁRATE, M. 2009. La sedimentación neógena continental en el sector extrandino de Argentina central. Revista de la Asociación Geológica Argentina 64 (4): 692-712.
- FOLGUERA, A. Y ZÁRATE, M. 2011. El corrimiento Santa Isabel, posible frente orogénico del bloque de San Rafael. 18º Congreso Geológico Argentino. Simposio S12. Tectónica Andina: 85-86.
- GIAI, S.B., 1975. Plan de investigación de aguas subterráneas (PIAS). Convenio M.O.P.-INCYTH, Dirección de Aguas Subterráneas, Informe preliminar inédito, 56 p., 25 fig. y 6 mapas. Santa Rosa. En: Biblioteca de la Dirección de Minas de La Pampa F. 176.
- GIAI, S. B. y TULLIO, J. O., 1998. Características de los principales acuíferos de la provincia de La Pampa. Revista Asociación de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente, 12: 51-68.
- GOIN, F. y C.I. MONTALVO, 1988. Revisión sistemática y reconocimiento de una nueva especie del género *Thylatheridium* Reig (Marsupialia, Didelphidae). Ameghiniana, 25(2):161-167. Buenos Aires.
- GOIN, F. J., MONTALVO, C. I. Y VISCONTI, G., 2000. Los Marsupiales (Mammalia) del Mioceno Superior de la Formación Cerro Azul (provincia de La Pampa, Argentina). Estudios Geológicos 56: 101-126.
- GROEBER, P., 1949. Resumen preliminar de las observaciones realizadas en el viaje a la región al sur de Bahía Blanca, en enero de 1947. Notas del Museo de La Plata, 14, Geología 57:239-266. La Plata.
- GROEBER, P., 1952. Englazamiento pedemontano del norte de la Patagonia. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos GAEA, Boletín 29:6-10. Buenos Aires.
- GROEBER, P. y A. TAPIA, 1933. Bosquejo geológico de la extremidad oriental de Tandilia. Dirección de Minas y Geología, Informe inédito. Buenos Aires.
- INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCES, 2015. International Stratigraphic Chart. International Commission on Stratigraphy. UNESCO.
- HAUZENBERGER, CH., MOGESSIE, A., HOINKES, G., FELFERNIG, A., BJERG, E., KOSTADINOFF, J., DELPINO, S. AND DIMIERI, L., 2001. Metamorphic evolution of the Sierras de San Luis, Argentina: granulite facies metamorphism related to mafic intrusions. Mineralogy and Petrology, 71(1/2): 95-126.
- IRIONDO, M. y D.M. KRÖHLING, 1996. Los sedimentos eólicos el noreste de la llanura pampeana (Cuaternario Superior). XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas IV: 27-48. Buenos Aires.
- KOSTADINOFF, J. Y LLAMBIAS, E., 2002. Cuencas sedimentarias en el subsuelo de la provincia de La Pampa. 5º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Instituto Argentino del Petróleo, archivos electrónicos, Mar del Plata.
- KOSTADINOFF, J., E. LLAMBIAS, L. RANIOLO y G. ALVAREZ, 2001. Interpretación geológica de los datos geofísicos del sector oriental de la provincia de La Pampa. Revista de la Asociación Geológica Argentina 56(4):481-493. Buenos Aires.
- KOSTADINOFF, J., BJERG, E., MOGESSIE, A., RANIOLO, A., ALVAREZ, G. Y SANTIAGO, E., 2004. Métodos geofísicos utilizados en la prospección geofísica del yacimiento de Las Águilas, provincia de San Luis. Revista de la Asociación Geológica Argentina 59 (1): 121-128.

- KOSTADINOFF, J., GREGORI, D., RANIOLO, L. A., LÓPEZ, V. Y STRAZZERE, L., 2006. Configuración geológica - geofísica del sector sur de la provincia de San Luis. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 61(2): 133-148.
- LAGORIO, S., 2008. Early Cretaceous alkaline volcanism of the Sierra Chica de Córdoba (Argentina): mineralogy, geochemistry and petrogenesis. *Journal of South American Earth Sciences*, 26: 152–171.
- LANZILLOTA, R., 2006. Costras calcáreas y geomorfología del área de Valle Daza, Departamento Loventué y Utracán, Provincia de La Pampa. Trabajo final de Licenciatura (49p). Universidad Nacional de La Pampa. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Inédito. Santa Rosa.
- LINARES, E., MANAVELLA, M.A. y PIÑEIRO, A., 1977. Geocronología de las rocas efusivas de la zona de los yacimientos “Dr. Bauliés” y “Los Reyunos”, Sierra Pintada de San Rafael, Mendoza, República Argentina. *Actas VIIº Congreso Geológico Argentino (Neuquén)*. II: 13-21.
- LINARES, E., E.J. LLAMBÍAS y C.O. LATORRE, 1979. Geología y geocronología de las rocas eruptivas de la provincia de La Pampa, República Argentina. VII Congreso Geológico Argentino, *Actas* 1:795-808. Buenos Aires.
- LINARES, E., E.J. LLAMBÍAS y C.O. LATORRE, 1980. Geología de la provincia de La Pampa, República Argentina, y geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 35(1):87-146. Buenos Aires.
- LORENZ, W. y E. SOTORRES, 2001. Sobre la distribución de las calcretas mesetiformes en el sureste de la provincia de La Pampa, Argentina. Secretaría de Energía y Minería, SEGEMAR, Servicio Geológico Minero Argentino. *Contribuciones Técnicas* Nº 14, 7 p. Buenos Aires.
- LORENZ, W., 2002. The “Calcrete Principal” (“tosca”) at the border of the provinces of La Pampa and Buenos Aires. *Zeitschrift fuer Angewandte Geologie* 1:44-51.
- LLAMBÍAS, E.J., 1972. Las ignimbritas de la sierra de Lihuel Calel, provincia de La Pampa. V Congreso Geológico Argentino, *Actas* IV: 55-67. Buenos Aires, 1973.
- LLAMBÍAS, E.J., 1975. Geología de la provincia de La Pampa y su aspecto minero. Convenio provincia de La Pampa-Universidad Nacional del Sur, Informe inédito, 38 p. Santa Rosa.
- LLAMBÍAS, E.J., 1999. Las rocas ígneas gondwánicas. El magmatismo gondwánico durante el Paleozoico superior-Triásico. Instituto de Geología y Recursos Minerales. *Geología Argentina. Anales* 29. (14): 349-363. Buenos Aires.
- LLAMBÍAS, E.J. y M.A. LEVERATTO, 1975. El “Plateau” riolítico de la provincia de La Pampa, República Argentina. 2º Congreso Iberoamericano de Geología Económica 1:99-114. Buenos Aires.
- LLAMBÍAS, E.J., R.N. MELCHOR, H. TICKYJ y A.M. SATO, 1996. Geología del Bloque del Chadileuvú. XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, *Actas* 5:417-425. Buenos Aires.
- MACHETTE, N.M., 1985. Calcic soils of southwestern United States. In: Weide, D.L. (Ed.), *Soil and Quaternary Geology of the Southwestern United States*, Special paper, Geological Society of America, vol. 203, pp. 1-21.
- MALAGNINO, E., 1988. Evolución del sistema fluvial de la provincia de Buenos Aires desde el Pleistoceno hasta la actualidad. II Jornadas Geológicas Bonaerenses, *Actas*:201-211. Bahía Blanca.
- MARIFIL SA, 2000. Valle Daza, provincia de La Pampa. Informe interno. Dirección Provincial de Minería. Santa Rosa.
- MELCHOR, R. y LLAMBÍAS, E.J., 2000. Hoja Geológica 3766-I, Santa Isabel, provincia de La Pampa. Escala 1:250.000. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina. Servicio Geológico Minero Argentino, inédito. Buenos Aires.
- MELCHOR, R.N. y S. CASADÍO, 1999. Descripción de la hoja Geológica 3766-III “La Reforma” (1:250.000), provincia de La Pampa. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. *Boletín* 295. Buenos Aires.
- MONTALVO, C.I. y S. CASADÍO, 1988. Presencia del género *Paleoctodon*

- (Rodentia, Octodontidae) en el Huayqueriense (Mioceno tardío) de la provincia de La Pampa. *Ameghiniana*, 25 (2):111-114. Buenos Aires.
- MONTALVO, C., G. VISCONTI, L. PUGENER y M. CARDONATTO, 1995. Mamíferos de edad Huayqueriense (Mioceno tardío), Laguna Chillhué, provincia de La Pampa. *Acta Geológica Lilloana*, 18(1):171. Tucumán.
- MONTALVO, C.I., M.C. CARDONATTO, G. VISCONTI, D.H. VERZI y M.G. VUCETICH, 1996. Vertebrados de la Formación Cerro Azul (Mioceno tardío) del valle de Quehué. Provincia de La Pampa, Argentina. VI Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales, Actas p. 159-165. Santa Rosa.
- MONTALVO, C.I., G. VISCONTI y L. PUGENER, 1998. Los mamíferos de edad Huayqueriense (Mioceno tardío) de la provincia de La Pampa. *Acta Geológica Lilloana*, 18(1):171. Tucumán.
- MONTALVO, C. y M. ZELAGOWSKI, 1999. Vertebrados del Mioceno superior en la colección paleontológica de la Universidad Nacional de La Pampa. 233-242. VII Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales. Santa Rosa.
- QUENARDELLE, S.M. y E. LLAMBÍAS (1997). Las riolitas de la sierra Chica (37°48'S, 65°26'O): un centro eruptivo gondwanico en el bloque de Chadileuvú, Provincia de La Pampa, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 52 (4): 548-558. Buenos Aires.
- RAMOS, V. A. 1988. Tectonics of the Late Proterozoic-Early Paleozoic: a collisional history of southern South America. *Episodes* 11(3): 168-174. Ottawa.
- RAMOS, V.A., 1999. Las provincias geológicas del territorio argentino. En: Caminos, R. (ed.), *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales 29(3):41-96. Buenos Aires.
- RAMOS, V. A. 2008. Patagonia: A Paleozoic continent adrift? *Journal of South American Earth Sciences*, (26) 235-251.
- RAMOS, V.A. y J. CORTÉS, 1984. Estructura e interpretación tectónica. En: *Geología y Recursos Naturales de la provincia de Río Negro*. 9º Congreso Geológico Argentino, Relatorio, 1:317-346. Buenos Aires.
- RAMOS, V.A. y G. VUJOVICH, 1999. Mapa geotectónico de la República Argentina a escala 1:250.000. Servicio Geológico Minero Argentino. Buenos Aires.
- RAPELA, C.W. y E.J. LLAMBÍAS, 1985. Evolución magmática y relaciones regionales de los complejos eruptivos de La Esperanza, provincia de Río Negro. *Revista Asociación Geológica Argentina*. XL (1-2): 4-25. Buenos Aires.
- RAPELA, C.W., PANKHURST, R.J., LLAMBÍAS, E.J., LABUDÍA, C. y ARTABE, A., 1996. "Gondwana" magmatism of Patagonia: Inner cordilleran calc-alkaline batholiths and bimodal volcanic provinces. *Proceedings Third International Symposium on Andean Geodynamics*: 791-794. Saint Malo.
- SALSO, J.H., 1966. La cuenca de Macachín, provincia de La Pampa. Nota preliminar. Dirección Nacional de Minería y Geología, Informe inédito 13p., Carpeta Nº 617. Buenos Aires.
- SCHULZ, C., MARIÑO, E., CASTRO, E., DALMASO, M., FERNÁNDEZ, A. y P. DORNES, 1999. Evaluación preliminar de la calidad del agua subterránea en un sector del Valle Argentino, provincia de La Pampa. 289-296. VII Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales. Santa Rosa.
- SILVA NIETO D.G., C. MONTALVO, M. ZÁRATE, Y M. SZELAGOWSKI, 2008. Valle Argentino, Un corredor hacia los Andes. Sitios de Interés Geológico de la República Argentina. CSIGA (Ed.) Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Anales 46, II, págs. 521-535. Buenos Aires.
- SILVA NIETO D. G., P.M. ESPEJO Y S.L. LAGORIO, 2014. Hallazgo de basaltos de probable edad cretácica en el centro este de La Pampa. XIX Congreso Geológico Argentino, Sesiones Temáticas Generales (T1), Estratigrafía y Sedimentología. Córdoba.
- SOBRAL, J.M., 1942. Geología de la región occidental del Territorio de La Pampa, situada al occidente del Chadileuvú. *Boletín Informaciones Petroleras*. 19 (212): 33-81. Buenos Aires.
- SRUOGA, P. y E.J. LLAMBÍAS, 1992. Permo-Triassic leucorhylic ignimbrites at Sierra

- de Lihué Calel, La Pampa Province, Argentina. *Journal of South American Earth Science* 5(2):141-152.
- STAPPENBECK, R., 1913. Investigaciones hidrogeológicas de los valles de Chapalcó y Quehué y sus alrededores (gobernación de La Pampa). Dirección General de Minas, Geología e Hidrología. Boletín (4):1-55. Buenos Aires.
- STAPPENBECK, R., 1926. *Geologie und Grundwasserkunde der Pampa*. Stuttgart. Traducción oficial de la Dirección de Minas, Geología e Hidrogeología, Boletín 6, Serie B (Geología):1-31. Buenos Aires.
- STAPPENBECK, R., 1943. Geología y aguas subterráneas de La Pampa. Traducción de *Geologie und Grundwasserkunde der Pampa* (1926), efectuada por la Dirección de Minas, Geología e Hidrología. Bs. As. (Existe un resumen, de 20 páginas y un mapa, con la parte referente a La Pampa en: Biblioteca de la Dirección de Minas de La Pampa, F. 29).
- SZELAGOWSKI, M., 2003. Génesis de los depósitos eólicos cuaternarios de las localidades de Santa Isabel, General Acha y Toay, provincia de La Pampa. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam, Trabajo Final de Geología de Campo, 67 p. Santa Rosa.
- TAPIA, A., 1930. Condiciones hidrogeológicas de los Campos de la "S.A. Estancias y Colonias Trenel", territorio nacional de La Pampa. Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Publicación nº 91, 27p., 4 láminas. Buenos Aires.
- TAPIA, A., 1931. Estudio hidrogeológico de la región oriental del río Chadileuvú. Dirección de Minas y Geología de la Nación, informe inédito y mapa escala 1:200.000. Buenos Aires.
- TAPIA, A. 1935. Pilcomayo. Contribución al conocimiento de las llanuras argentinas. Dirección de Minas y Geología, Boletín 40:1-124. Buenos Aires.
- TAPIA, A., 1937. Datos geológicos. En: *Aguas Minerales de la República Argentina*, II. Provincia de Buenos Aires. Ministerio del Interior, Comisión Nacional de Climatología y Aguas Minerales:23-90. Buenos Aires.
- TAPIA, A., 1939. Chacharramendi y alrededores. *Physis*, Sección Geología y Paleontología, 19(46):221-224. Buenos Aires.
- TAPIA, A., 1940. Los sedimentos araucanos de General Acha (territorio de La Pampa). Dirección de Minas, informe inédito 4p. Santa Rosa.
- TERRAZA, J.C., C.E. CRUZ y J.A. SBROCCO, 1981. Geología de los valles de Utracán, Quehué y Chapalcó, provincia de La Pampa. VIII Congreso Geológico Argentino, Actas (3):183-192. Neuquén.
- TICKYJ, H., 1999. Estructura y petrología del basamento cristalino de la región centro sur de la provincia de La Pampa, Argentina. Tesis doctoral, 228 p., inédito. Universidad Nacional de La Plata.
- TICKYJ, H., E.J. LLAMBÍAS y A. SATO, 1999. El basamento cristalino de la región sur-oriental de la provincia de La pampa: extensión austral del orógeno Famatiniano de Sierras Pampeanas. XIV Congreso Geológico Argentino, Actas I: 160-163. Salta.
- TULLIO, J.O., 1981. Informe preliminar sobre el Cuaternario de la provincia de La Pampa y característica de los acuíferos en la región. Administración Provincial del Agua, informe inédito, 22p. Santa Rosa.
- VERZI, D.H., C.I. MONTALVO y M.G. VUCETICH, 1991. Nuevos restos de *Xenodontomys Simpsoni* Kraglievich y la sistemática de los más antiguos *Ctenomynae* (Rodentia, Octodontidae). *Asoc. Paleont.Arg., Ameghiniana* 28(3/4):325-331.
- VERZI, D., M.G. VUCETICH y C.I. MONTALVO, 1995. Un nuevo *Eumysopinae* (Rodentia, Echimyidae) del Mioceno tardío de la provincia de La Pampa y consideraciones sobre la historia de la subfamilia. *Ameghiniana*, 32(2):191-195. Buenos Aires.
- VERZI, D. H., MONTALVO, C. I. Y VUCETICH, M. G. 1999. Afinidades y significado evolutivo de *Neophanomys biplicatus* (Rodentia Octodontidae) del Mioceno tardío-Plioceno temprano de Argentina. *Ameghiniana* 36: 83-90.
- VERZI, D. H., MONTALVO, C. I. Y DESCHAMPS, C. M. 2008. Biostratigraphy



and biochronology of the Late Miocene of central Argentina: evidence from rodents and taphonomy. *Geobios* 41:145-155.

VILELA, C.R. y J.C. RIGGI, 1953. Descripción geológica de las Hojas 33h "Sierra de Lihué Calel" y 33i "Sierra Chica". Instituto Nacional de Geología y Minería, informe inédito. Carpeta 353, 132 p. Buenos Aires.

VILELA, C.R. y J.C. RIGGI, 1956. Rasgos geológicos y petrográficos de la Sierra de Lihue-Calel y área circundante. Provincia de La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, XI (4):217-272. Buenos Aires.

VILLAR, L. M., CHERNICOFF, C. J. Y ZAPPETTINI, E. O. 2005. Evidence of a Famatinian continental magmatic arc at Paso del Bote, La Pampa province, Argentina. *Gondwana* 12, Abstracts, Mendoza.

VISCONTI, G., 2006. Sedimentología de la Formación Cerro Azul (Mioceno superior) de la provincia de La Pampa, Argentina. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Ciencias Geológicas. Universidad de Buenos Aires. Tesis Doctoral. 208 p. Buenos Aires.

VISCONTI, G. 2007. Sedimentología de la Formación Cerro Azul (Mioceno superior) de la provincia de La Pampa, Argentina. Tesis Doctoral inédita Universidad de La Pampa, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales: 208 p.

VISCONTI, G., C.I. MONTALVO, M.C. CARDONATTO y L.A. PÚGENER, 1996. Análisis sedimentológico e interpretación paleoambiental de la Formación Cerro Azul (Mioceno tardío) en el Valle Argentino, provincia de La Pampa. VI Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales-Comunicaciones:86-88, COPROCA, Santa Rosa.

VISCONTI, G., R. MELCHOR, C. MONTALVO, A. UMAZANO, E. de ELORRIAGA, 2010. Análisis litoestratigráfico de la Formación Cerro Azul (Mioceno superior) en la Provincia de La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 67 (2): 257-265. Buenos Aires.

VOGT, T., O. CARBALLO y A.P. CALMELS, 1999. Un esbozo de explicación de las toscas de la meseta de La Pampa. I

Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología. Actas: 195-205. Santa Rosa.

VOGT, T., A.P. CALMELS y O.C. CARBALLO, 2005. Los denominados "valles" de Quehué y Naicó en la meseta escalonada pampeana, provincia de La Pampa, Argentina. X Congreso Colombiano de Geología, Resúmenes: 130. Bogotá.

WICHMANN, R., 1928. Contribución a la geología de los Deptos. Chical C6 y Puelén, de la parte occidental de la Pampa Central. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Minas, Geología e Hidrogeología. Publicación 40: 1-33. Buenos Aires.

ZAMBRANO, J.J., 1974. Cuencas sedimentarias en el subsuelo de la provincia de Buenos Aires y zonas adyacentes. *Revista Asociación Geológica Argentina*, 29(4):443-469. Buenos Aires.

ZAPPETTINI, E.O., CHERNICOFF, C.J. Y VILLAR, M.L., 2005. La faja de metagabros de La Pampa: evidencias geoquímicas y petrológicas de un magmatismo de retroarco en la región centroaustral argentina. 16º Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 45-52, La Plata.

ZAPPETTINI, EDUARDO O., CARLOS J. CHERNICOFF, JOÃO O. S. SANTOS Y NEAL J. MC NAUGHTON, 2010. Los esquistos neoproterozoicos de Santa Helena, Provincia de La Pampa, Argentina: edades U-Pb shrimp, composición isotópica de hafnio e implicancias geodinámicas. *Revista Asociación Geológica Argentina*. Vol.66, no.1-2, p.21-37.